৯ম-১০ম শ্রেণি

পদার্থবিজ্ঞান

আলোচ্য বিষয়

অধ্যায় ০৭ - শব্দ তরঙ্গ

ব্যবহারবিধি

দেখে নাও এই অধ্যায় থেকে কোথায় কোথায় প্রশ্ন এসেছে এবং সৃজনশীল ও বহুনির্বাচনীর গুরুত্ব।

কুইক টিপস

সহজে মনে রাখার এবং দ্রুত ক্যালকুলেশন করতে সহায়ক হবে।

বহুনির্বাচনী (MCQ)

বিগত বছর গুলোতে বোর্ড, স্কুল, কলেজ এবং বিশ্ববিদ্যালয়ে আসা বহুনির্বাচনী প্রশ্ন দেখে নাও উত্তরসহ।

সৃজনশীল (CQ)

পরীক্ষায় আসার মতো গুরুত্বপূর্ণ সৃজনশীল দেখে নাও উত্তরসহ।

প্র্যাকটিস

পরীক্ষায় আসার মতো গুরুত্বপূর্ণ সমস্যাগুলো প্র্যাকটিস করে নিজেকে যাচাই করে নাও।

উত্তরমালা

প্র্যাকটিস সমস্যাগুলোর উত্তরগুলো মিলিয়ে নাও।

উদাহরণ

টপিক সংক্রান্ত উদাহরণসমূহ।

সূত্রের আলোচনা

সূত্রের ব্যাপারে বিস্তারিত জেনে নাও।

টাইপ ভিত্তিক সমস্যাবলী

সম্পূর্ণ অধ্যায়ের সুসজ্জিত আলোচনা।

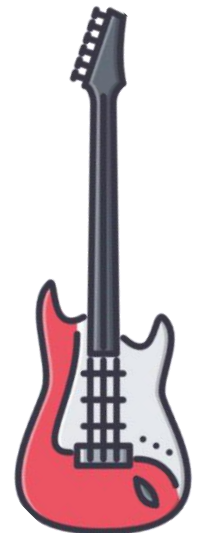
এক নজরে...

বন্ধুরা, আজ আমরা যে অধ্যায়টি নিয়ে আলোচনা করবো তার নাম হচ্ছে তরঙ্গ ও শব্দ। আমাদের দৈনন্দিন জীবনে তরঙ্গ অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। তরঙ্গ ব্যতিরেকে আমরা সূর্য থেকে তাপ বা আলো কোনোটাই পেতাম না। শুনতে বা শোনাতে পারতাম না কোনো কথা। আবার, আমরা যা শুনি তাই শব্দ। শব্দও এক ধরণের তরঙ্গ। এ অধ্যায়ে আমরা তরঙ্গ, শব্দ, শব্দের বেগ, শব্দের প্রতিধ্বনি, শব্দের দূষণ প্রভৃতি আলোচনা করবো এবং সবশেষে আমরা এ অধ্যায় থেকে সম্ভাব্য সকল প্রশ্ন, সৃজনশীল এবং নৈর্ব্যক্তিক দেখবো। তো চলো তাহলে দেরি না করে শুরু করা যাক!

যা যা পড়তে হবে-

i. তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য।
ii. তরঙ্গসংশ্লিষ্ট রাশিসমূহের মধ্যে সরল গাণিতিক সম্পর্ক স্থাপন এবং পরিমাপ।
iii. শব্দ তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য।
iv. প্রতিধ্বনি সৃষ্টি।
v. দৈনন্দিন জীবনে প্রতিধ্বনির ব্যবহার।
vi. শব্দের বেগ, কম্পাঙ্ক এবং তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের গাণিতিক সম্পর্ক স্থাপন এবং তা থেকে রাশিসমূহ পরিমাপ।
vii. শব্দের বেগের পরিবর্তন।
viii. শ্রাব্যতার সীমা ও এদের ব্যবহার।
ix. শব্দের পিচ ও তীক্ষ্ণতা।
x. শব্দদূষণের কারণ ও ফলাফল এবং প্রতিরোধের কৌশল।

সরল স্পন্দন গতি

তরঙ্গ সম্পর্কে জানার জন্য প্রথমে আমাদের সরল স্পন্দন গতি সম্পর্কে জানতে হবে। গতি অধ্যায়ে আমরা জেনে এসেছি কোন গতিশীল কণার গতি যদি এমন হয় যে এটি এর গতিপথের কোন নির্দিষ্ট বিন্দুকে একটি নির্দিষ্ট সময় পর পর একই দিক হতে অতিক্রম করে তবে সে গতিকে পর্যায়বৃত্ত গতি বলে। **কোন পর্যায়বৃত্ত গতিসম্পন্ন বস্তুর গতি যদি সরলরৈখিক হয়, এর ত্বরণ সাম্যাবস্থা থেকে সরণ এর সমানুপাতিক হয় এবং এর দিক যদি সর্বদা সাম্যাবস্থান অভিমুখী হয় তবে ওই বস্তুকণার গতিকে সরল স্পন্দন গতি বলে।** সরল দোলকের গতি, কম্পনশীল সুর শলাকা,

গীটারের তারের গতি ইত্যাদি সরল স্পন্দন গতির উদাহরণ।

একটা স্প্রিংয়ের নিচে একটা ভর লাগিয়ে সেটা টেনে ছেড়ে দিলে এটা উপরে-নিচে করতে থাকে। এটাও কিন্তু সরল ছন্দিত গতি। সরল ছন্দিত গতিতে স্প্রিংয়ের সাথে লাগানো ভরটির শক্তি গতিশক্তি এবং বিভবশক্তির মাঝে বিনিময় করে এবং এসব ঘটে কারণ স্প্রিংয়ের বলটি হুকের সূত্র মেনে চলে। স্প্রিং ধ্রুবক k, ভর m, অবস্থান x এবং স্প্রিং বল F হলে হুকের সূত্রটি হলো,

$$F = -kx$$

আবার, স্প্রিং ধ্রুবক k এবং ভর m হলে ভরটির দোলনকাল হবে,

$$\mathrm{T} = 2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$$

যদি এটা স্প্রিং না হয়ে সুতায় ঝুলানো পেন্ডুলাম হতো এবং সুতার দৈর্ঘ্য। আর অভিকর্ষজ ত্বরণ g হতো তাহলে দোলনকাল হতো,

$$\mathrm{T} = 2\pi\sqrt{\frac{1}{g}}$$

তরঙ্গ

এখন আমরা জানবো তরঙ্গ সম্পর্কে। একটা গল্পের মাধ্যমে ব্যাপারটা ব্যাখ্যা করি। মনে করো, আমাদের ছোট্ট বন্ধু মীনার খুব মন খারাপ। তাই সে পুকুর পাড়ে একা বসে ছিল এবং পুকুরে ঢিল ছুড়ছিল। হঠাৎ সে লক্ষ্য করলো, ঢিলটি যখন পুকুরের স্থির পানিতে আঘাত করে তখন ঐ স্থানের কণাগুলো আন্দোলিত হয়। এই আন্দোলিত কণাগুলো আবার পার্শ্ববর্তী স্থির কণাগুলোকে আন্দোলিত করে। এভাবে কণা হতে কণাতে স্থানান্তরিত হয়ে আন্দোলন অবশেষে পুকুরের কিনারায় গিয়ে পৌঁছায়। একসময় পুকুরের পানি আবার আগের মতো স্থির হয়ে যায়। সে আরো লক্ষ্য করলো যে পানির কণাগুলো শুধু উপর নিচে উঠানামা করে কিন্তু সামনের দিকে অগ্রসর হয় না। মীনা এই ব্যাপারটা নিয়ে বেশ চিন্তা ভাবনা করলো এবং পরদিন স্কুলে গিয়ে আপাকে এই ব্যাপারে জিজ্ঞাসা করলো। তখন আপা তাকে বললো, “মীনা, তুমি পানির উপর দিয়ে যে পর্যায়বৃত্ত আন্দোলন চলে যেতে দেখেছো, এটাই হচ্ছে তরঙ্গ।” অর্থাৎ, তরঙ্গের সংজ্ঞাটা হলো,

যে পর্যায়বৃত্ত আন্দোলন কোনো জড় মাধ্যমের এক স্থান থেকে অন্য স্থানে শক্তি সঞ্চালিত করে কিন্তু মাধ্যমের কণাগুলোকে স্থায়ীভাবে স্থানান্তরিত করে না তাকে তরঙ্গ বলে।

তরঙ্গের বৈশিষ্ট্যসমূহ

i. মাধ্যমের কণাগুলোর স্পন্দন গতির ফলে তরঙ্গ সৃষ্টি হয় কিন্তু কণাগুলোর স্থায়ী স্থানান্তর হয় না।

ii. যান্ত্রিক তরঙ্গ সঞ্চালনের জন্য মাধ্যম প্রয়োজন।

iii. তরঙ্গ একস্থান থেকে অন্য স্থানে শক্তি সঞ্চালন করে।

iv. তরঙ্গের বেগ মাধ্যমের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে।

v. তরঙ্গের প্রতিফলন, প্রতিসরণ ও উপরিপাতন ঘটে।

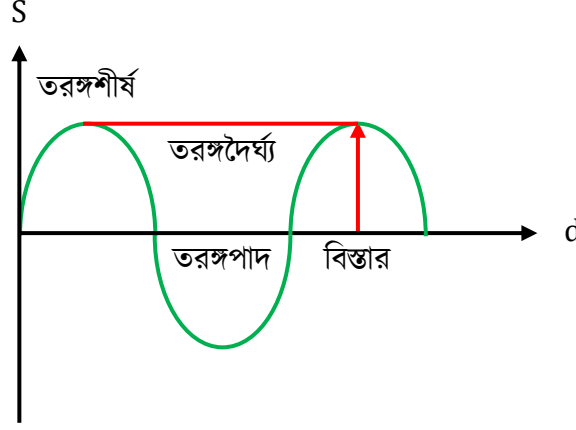
তরঙ্গের প্রকারভেদ

তরঙ্গ দুই প্রকার।

i. অনুপ্রস্থ তরঙ্গ বা আড় তরঙ্গ

ii. অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ বা লম্বিক তরঙ্গ

অনুপ্রস্থ তরঙ্গ: একটা দড়ির একপ্রান্ত কোনো একটা শক্ত অবলম্বনের সাথে আটকিয়ে অপর প্রান্ত ধরে ঝাঁকুনি দিলে এক ধরণের তরঙ্গ সৃষ্টি হয়। এই তরঙ্গের গতির দিক আনুভূমিক কিন্তু কম্পনের দিক তরঙ্গের গতির দিকের সাথে আড়াআড়ি বা প্রস্থ বরাবর। এই তরঙ্গই হচ্ছে অনুপ্রস্থ তরঙ্গ। সুতরাং, আমরা বলতে পারি, **যে তরঙ্গ কম্পনের দিকের সাথে লম্বভাবে অগ্রসর হয় তাকে অনুপ্রস্থ তরঙ্গ বলে।**

উদাহরণ: পানির তরঙ্গ।

চিত্র: অনুপ্রস্থ তরঙ্গ

অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ: একটা স্প্রিংয়ের একপ্রান্ত কোনো শক্ত অবলম্বনের সাথে আটকিয়ে অপর প্রান্ত ধরে হাত সামনে পিছনে সঞ্চালন করলে এক ধরণের তরঙ্গ সৃষ্টি হয়। হাত সামনের দিকে নিলে স্প্রিং সংকুচিত হয় আবার হাত পিছনের দিকে নিলে স্প্রিংটি প্রসারিত হয়। সংকোচন ও প্রসারণ প্রবাহ সামনের দিকে অগ্রসর হতে থাকে। এখানে কম্পনের দিক এবং তরঙ্গের গতির দিক পরস্পর সমান্তরাল বা একই। সুতরাং, আমরা বলতে পারি, **যে তরঙ্গ কম্পনের দিকের সাথে সমান্তরালভাবে অগ্রসর হয় তাকে অনুপ্রস্থ তরঙ্গ বলে।**

উদাহরণ: বায়ু মাধ্যমে শব্দের তরঙ্গ।

চিত্র: অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ

অনুপ্রস্থ তরঙ্গ ও অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের মধ্যে পার্থক্য:

অনুপ্রস্থ তরঙ্গ	অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ
১. যে তরঙ্গ কম্পনের দিকের সাথে লম্বভাবে অগ্রসর হয় তাকে অনুপ্রস্থ তরঙ্গ বলে।	১. যে তরঙ্গ কম্পনের দিকের সাথে সমান্তরালভাবে অগ্রসর হয় তাকে অনুপ্রস্থ তরঙ্গ বলে।
২. তরঙ্গশীর্ষ ও তরঙ্গপাদ উৎপন্ন করে তরঙ্গ সঞ্চালিত হয়।	২. সংকোচন ও প্রসারণের মাধ্যমে তরঙ্গ সঞ্চালিত হয়।
৩. একটি তরঙ্গশীর্ষ ও একটি তরঙ্গপাদ নিয়ে তরঙ্গদৈর্ঘ্য গঠিত।	৩. একটি সংকোচন ও একটি প্রসারণ নিয়ে তরঙ্গদৈর্ঘ্য গঠিত।

তরঙ্গসংশ্লিষ্ট রাশি

নিম্নে তরঙ্গসংশ্লিষ্ট রাশিগুলো নিয়ে আলোচনা করা হলো:

পূর্ণ স্পন্দন: তরঙ্গের উপরস্থ কোনো কম্পনশীল কণা একটি বিন্দু থেকে যাত্রা শুরু করে আবার একই দিক থেকে সেই বিন্দুতে ফিরে আসলে তাকে পূর্ণ স্পন্দন বলে।

পর্যায়কাল: তরঙ্গের উপরস্থ কোনো কম্পনশীল কণার একটি পূর্ণস্পন্দন সম্পন্ন করতে যে সময় লাগে তাকে ঐ তরঙ্গের পর্যায়কাল বলে। একে T দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

কম্পাঙ্ক: তরঙ্গের উপরস্থ কোনো কম্পনশীল কণা একক সময়ে যতগুলো পূর্ণকম্পন সম্পন্ন করে তাকে তরঙ্গের কম্পাঙ্ক বলে। একে f দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

বিস্তার: তরঙ্গের উপরস্থ কোনো কম্পনশীল কণা স্থির বা সাম্যাবস্থান থেকে যেকোনো একদিকে সর্বাধিক যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে ঐ তরঙ্গের বিস্তার বলে।

দশা: তরঙ্গের উপরস্থ কোনো কম্পনশীল কণার দশা বলতে ঐ কণার যেকোনো মুহূর্তে গতির সম্যক অবস্থা বোঝায়। কোনো একটি মুহূর্তে গতির সম্যক অবস্থা বলতে ঐ বিশেষ মুহূর্তে কণাটির সরণ, বেগ, ত্বরণ, বল ইত্যাদি বোঝায়।

তরঙ্গদৈর্ঘ্য: তরঙ্গের উপরস্থ কোনো কণার একটি কম্পন সম্পন্ন হতে যে সময় লাগে, সেই সময়ে তরঙ্গ যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে তরঙ্গদৈর্ঘ্য বলে। একে 7 দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

তরঙ্গবেগ: তরঙ্গ নির্দিষ্ট দিকে একক সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে তরঙ্গবেগ বলে। একে ο দ্বারা প্রকাশ করা হয় ।

তরঙ্গ সংশ্লিষ্ট কয়েকটি সম্পর্ক

কম্পাঙ্ক ও পর্যায়কালের মধ্যে সম্পর্ক

আমরা জানি, তরঙ্গের উপরস্থ কোনো কম্পনশীল কণা একক সময়ে অর্থাৎ, 1 সেকেন্ডে যতগুলো পূর্ণকম্পন সম্পন্ন করে তাকে ঐ তরঙ্গের কম্পাঙ্ক বলে। এই কম্পাঙ্ককে f দ্বারা সূচিত করা হয়।

আবার,

পর্যায়কাল T হলে,

T সেকেন্ডে স্পন্দনের সংখ্যা 1 টি

1 সেকেন্ডে স্পন্দনের সংখ্যা $\frac{1}{T}$ টি

1 সেকেন্ডের এই স্পন্দন সংখ্যাই কম্পাঙ্ক।

সুতরাং, কম্পাঙ্ক $f = \frac{1}{T}$

তরঙ্গবেগ ও তরঙ্গদৈর্ঘ্যের মধ্যে সম্পর্ক:

আমরা জানি,

1 সেকেন্ডে যতগুলো পূর্ণকম্পন সম্পন্ন হয় তাকে কম্পাঙ্ক বলে। আবার, 1 টি পূর্ণ স্পন্দনের সময়ে তরঙ্গের অতিক্রান্ত দূরত্বকে তরঙ্গদৈর্ঘ্য বলে। সুতরাং, তরঙ্গদৈর্ঘ্য হলে,

1 টি পূর্ণ কম্পনের সময়ে তরঙ্গের অতিক্রান্ত দূরত্ব $= \lambda$

F টি পূর্ণ কম্পনের সময়ে তরঙ্গের অতিক্রান্ত দূরত্ব $= f\lambda$

যেহেতু, কম্পাঙ্ক f তাই f টি পূর্ণ তরঙ্গ তৈরি হয় 1 সেকেন্ডে

সুতরাং, 1 সেকেন্ডে তরঙ্গের অতিক্রান্ত দূরত্ব $= f\lambda$

এটাই তরঙ্গবেগ v। সুতরাং, তরঙ্গবেগ $v = f\lambda$

শব্দ তরঙ্গ

শব্দ এক প্রকার শক্তি। এই শক্তি সঞ্চালিত হয় তরঙ্গের মাধ্যমে। শব্দ তরঙ্গ হলো একটি অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ। এই তরঙ্গ সঞ্চালনের সময় মাধ্যমের কণাগুলোর বা স্তরসমূহের সংকোচন ও প্রসারণের সৃষ্টি হয়। মাধ্যম দিয়ে সঞ্চালিত হয়ে এই শব্দতরঙ্গ আমাদের কানে এসে শ্রবণের অনুভূতি জাগায়। শব্দের উৎসের দিকে লক্ষ্য করে দেখা যাবে যে, বস্তুর কম্পনের ফলেই শব্দ উৎপন্ন হয়। আবার, কম্পন থেমে গেলে শব্দও থেমে যায়। কিন্তু, কোনো বস্তু কাঁপলেই যে আমরা সেই শব্দ শুনতে পারবো এমন কোনো কথা নেই। শব্দ শুনতে হলে শব্দের উৎস ও শ্রোতার মাঝে একটি জড় মাধ্যম থাকতে হবে এবং উৎসের কম্পাঙ্ক 20 Hz থেকে 20,000 Hz এর মধ্যে হতে হবে।

শব্দ তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য:

i. শব্দ একটি যান্ত্রিক তরঙ্গ কারণ বস্তুর কম্পনের ফলে শব্দ তরঙ্গ সৃষ্টি হয়।
ii. এটি সঞ্চালনের জন্য স্থিতিস্থাপক মাধ্যমের দরকার হয়।
iii. এটি একটি অনুদৈঘ্য তরঙ্গ কারণ এই তরঙ্গের প্রবাহের দিক এবং কম্পনের দিক এক।
iv. শব্দ তরঙ্গের বেগ মাধ্যমের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে, বায়বীয় মাধ্যমে এর বেগ কম, তরলে তার চেয়ে বেশি, কঠিন পদার্থে আরো বেশি।
v. শব্দের বেগ মাধ্যমের তাপমাত্রা এবং আর্দ্রতার উপরও নির্ভর করে।
vi. শব্দের তীব্রতা অন্যান্য তরঙ্গের মতো তার বিস্তারের বর্গের সমানুপাতিক। অর্থাৎ, তরঙ্গের বিস্তার বেশি হলে শব্দের তীব্রতা বেশি হবে এবং তরঙ্গের বিস্তার কম হলে শব্দের তীব্রতা কম হবে।
vii. যেকোনো তরঙ্গের মতোই শব্দ তরঙ্গের প্রতিফলন, প্রতিসরণ এবং উপরিপাতন হতে পারে।

প্রতিধ্বনি

শব্দের প্রতিফলনের বাস্তব উদাহরণ হলো প্রতিধ্বনি। রাতে ফাঁকা মাঠের মধ্যে বা নদীর পাড়ে, পাহাড় বা সারিবদ্ধ দালানের নিকটে দাঁড়িয়ে জোরে শব্দ করলে সেই শব্দ একটু পরে পুনরায় শোনা যায়। একে প্রতিধ্বনি বলে। অর্থাৎ, **কোনো উৎস থেকে সৃষ্ট শব্দ যদি দূরবর্তী কোনো মাধ্যমে বাঁধা পেয়ে উৎসের কাছে ফিরে আসে তখন মূল ধ্বনির যে পুনরাবৃত্তি হয় তাকে শব্দের প্রতিধ্বনি বলে।**

প্রতিফলকের নূন্যতম দূরত্ব:

কোনো ক্ষণস্থায়ী শব্দ বা ধ্বনি কানে শোনার পর সেই শব্দের রেশ প্রায় 0.1 সেকেন্ড যাবৎ আমাদের মস্তিষ্কে থেকে যায়। একে শব্দানুভূতির স্থায়ীত্বকাল বলে। এই 0.1 সেকেন্ড সময়ের মধ্যে অন্য শব্দ কানে এসে পৌঁছালে তা আমরা আলাদা করা শুনতে পাই না। সুতরাং, কোনো ক্ষণস্থায়ী শব্দের প্রতিধ্বনি শুনতে হলে প্রতিফলককে উৎস থেকে এমন দূরত্বে থাকতে হবে যাতে মুল শব্দ প্রতিফলিত হয়ে কানে ফিরে আসতে অন্তত 0.1 সেকেন্ড সময় নেয়। যদি 0°C তাপমাত্রায় বায়ুতে শব্দের বেগ 332 ms-1 ধরা হয় তবে 0.1 সেকেন্ডে শব্দ 33.2 m যায়। সুতরাং, প্রতিফলককে শ্রোতা থেকে কমপক্ষে m বা 16.6 m দূরত্বে থাকতে হবে।

প্রতিধ্বনির ব্যবহার

কূপের গভীরতা নির্ণয়ঃ

প্রতিধ্বনির সাহায্যে খুব সহজে কূপের মধ্যে পানির উপরিতল কত গভীরে আছে তা নির্ণয় করা যায়। কূপের উপরে কোনো শব্দ উৎপন্ন করলে সেই শব্দ পানি পৃষ্ঠ থেকে প্রতিফলিত হয়ে ফিরে এলে প্রতিধ্বনি শোনা যায়।

ধরা যাক,

পানিপৃষ্ঠের গভীরতা $= h$

শব্দ উৎপন্ন করা ও প্রতিধ্বনি শোনার মধ্যবর্তী সময় $= t$

শব্দের বেগ $= v$

এখন শব্দ উৎপন্ন হওয়ার পর পানি পৃষ্ঠে প্রতিফলিত হয়ে শ্রোতার কাছে ফিরে আসতে যেহেতু $2h$ দূরত্ব অতিক্রম করে

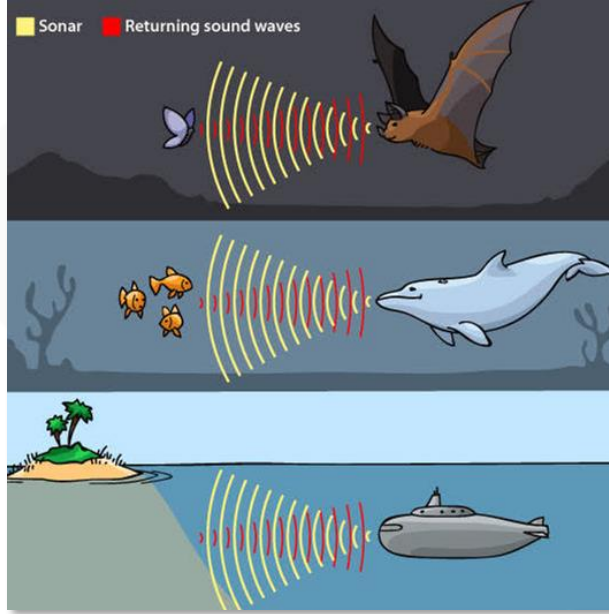
অতএব,

$$2h = v \times t$$

বা, $h = \frac{v \times t}{2}$

কূপের পানিপৃষ্ঠের গভীরতা 16.6 মিটারের কম হলে, প্রতিধ্বনি ভিত্তিক এই পরীক্ষাটি করা সম্ভব হবে না। একইভাবে ভূ-গর্ভের খনিজ পদার্থের সন্ধান লাভে এ পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।

বাদুরের পথচলা

শব্দের প্রতিধ্বনির সাহায্যেই বাদুর পথ চলে। বাদুর চোখে দেখে না। বাদুর শব্দোত্তর কম্পাঙ্কের শব্দ তৈরি করতে পারে আবার শুনতেও পারে। এই শব্দ আমরা শুনতে পাই না। বাদুর শব্দোত্তর কম্পাঙ্কের শব্দ তৈরি করে সামনে ছড়িয়ে দেয়। ঐ শব্দ কোনো প্রতিবন্ধকে বাধা পেয়ে আবার বাদুরের কাছে চলে আসে। ফিরে আসা শব্দ শুনে বুঝতে পারে যে সামনে কোনো বস্তু আছে কিনা। বাদুর এভাবে তার শিকারও ধরে। যদি বাধা পেয়ে শব্দ ফিরে না আসে তবে বুঝতে পারে যে ফাঁকা জায়গা আছে, সেই পথ বরাবর সে উড়ে চলে। অনেক সময় বৈদ্যুতিক তারের সঠিক অবস্থান নির্ণয় করতে ব্যর্থ হলে সমান্তরাল দুই তারের মধ্য দিয়ে উড়ে চলার সময় যেই মাত্র ধনাত্মক ও ঋণাত্মক তারে (বা সক্রিয় ও নিরপেক্ষ তারে) বাদুরের শরীরের মাধ্যমে সংযোগ পেয়ে যায় তখন বাদুরের শরীরের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় আর সে মারা যায়। এজন্য মাঝেমধ্যে বৈদ্যুতিক তারে ঝুলন্ত মরা বাদুর দেখা যায়। বাদুর প্রায় 1,00000 হার্জ কম্পাংকের শব্দ তৈরি করতে ও শুনতে পারে।

শব্দের বেগের পরিবর্তন

শব্দ উৎস থেকে আমাদের কানে শব্দ আসতে কিছুটা সময় নেয়। প্রতি সেকেন্ডে শব্দ যতটা পথ অতিক্রম করে তাকে শব্দের বেগ বলে। শব্দের বেগ কয়েকটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে।

মাধ্যমের প্রকৃতি: বিভিন্ন মাধ্যমে শব্দের বেগ বিভিন্ন। উদাহরণস্বরূপ বায়ু, পানি এবং লোহাতে শব্দের বেগ ভিন্ন ভিন্ন। 20°C তাপমাত্রায় বায়ুতে শব্দের বেগ 344ms-1, পানিতে 1450ms-1, আর লোহায় 5130ms-1। সাধারণভাবে বলা যায় বায়ুতে শব্দের বেগ কম, তরলে তার চেয়ে বেশি আর কঠিন পদার্থে সবচেয়ে বেশি।

তাপমাত্রা: বায়ুর তাপমাত্রা যতো বাড়ে বায়ুতে শব্দের বেগও ততো বাড়ে। এজন্য শীতকাল অপেক্ষা গ্রীষ্মকালে

শব্দের বেগ বেশি।

বায়ুর আর্দ্রতা: বায়ুর আর্দ্রতা বৃদ্ধি পেলে শব্দের বেগ বৃদ্ধি পায়। এজন্য শুষ্ক বায়ুর চেয়ে ভিজা বায়ুতে শব্দের বেগ বেশি।

শ্রাব্যতার সীমা ও এদের ব্যবহার

আমরা জানি, বস্তুর কম্পন ছাড়া শব্দ উৎপন্ন হয় না। যদি কোনো বস্তু প্রতি সেকেন্ডে কমপক্ষে 20 বার কাঁপে তবে সেই বস্তু থেকে উৎপন্ন শব্দ শোনা যাবে। এভাবে আবার কম্পন যদি প্রতি সেকেন্ডে 20,000 বার এর বেশি হয় তাহলেও শব্দ শোনা যাবে না। সুতরাং আমাদের কানে যে শব্দ শোনা যায় তার কম্পাঙ্কের সীমা হলো 20Hz থেকে 20,000Hz। কম্পাঙ্কের এই পাল্লাকে শ্রাব্যতার পাল্লা (Audible Range) বলে। যদি কম্পাঙ্ক 20Hz এর কম হয় তবে তাকে শব্দেতর (Infrasonic) কম্পন বলে। যদি কম্পাঙ্ক 20,000Hz এর বেশি হয় তবে তাকে শব্দোত্তর (Ultrasonic) কম্পন বলে। শব্দোত্তর কম্পাঙ্কের শব্দ মানুষে শুনতে না পেলেও বাদুর, কুকুর, মৌমাছির ন্যায় কিছু কিছু প্রাণী উৎপন্ন করতে পারে আবার শুনতেও পারে।

শব্দোত্তর শব্দের প্রয়োগ ও ব্যবহার

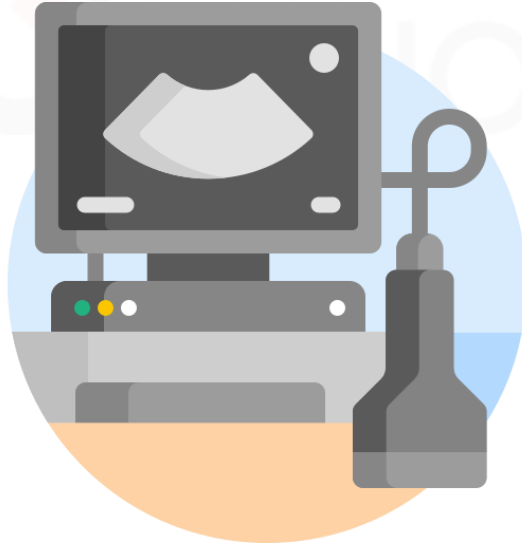
সমুদ্রের গভীরতা নির্ণয়: সমুদ্রের গভীরতা নির্ণয়ের জন্য SONAR নামক যন্ত্র ব্যবহৃত হয়। SONAR এর পুরো নাম Sound Navigation And Ranging. এই যন্ত্রে শব্দোত্তর কম্পাঙ্কের শব্দ প্রেরণ ও গ্রহণের ব্যবস্থা আছে। পানির মধ্যে এই যন্ত্রের সাহায্যে শব্দোত্তর কম্পাঙ্কের শব্দ উৎপন্ন করে প্রেরণ করা হয় এবং এই শব্দ সমুদ্রের তলদেশে বাঁধা পেয়ে আবার উপরে উঠে আসলে গ্রাহক যন্ত্রের সাহায্যে গ্রহণ করা হয়। শব্দ প্রেরণ ও গ্রহণের সময় রেকর্ড করে বিয়োগ করলে শব্দের ভ্রমণকাল বের করা হয়। ধরা যাক এই সময় t এবং সমুদ্রের গভীরতা d যদি পানিতে শব্দের বেগ v হয় তবে,

$$2d = vt$$

$$or, d = \frac{vt}{2}$$

শব্দ যাওয়া ও আসা মিলে $d + d = 2d$ পথ অতিক্রম করে। এখন শব্দের বেগ জেনে উপরের সমীকরণের সাহায্যে সমুদ্রের গভীরতা নির্ণয় করা যায়।

কাপড়ের ময়লা পরিস্কার করা: আজকাল আধুনিক ওয়াশিং মেশিন বের হয়েছে যার দ্বারা সহজে কাপড় পরিস্কার করা যায়। পানির মধ্যে সাবান বা গুড়ো সাবান মিশ্রিত করে কাপড় ভিজিয়ে রেখে সেই পানির মধ্যে শব্দোত্তর কম্পনের শব্দ প্রেরণ করা হয়। এই শব্দ কাপড়ের ময়লাকে বাইরে বের করে আনে এবং কাপড় পরিস্কার হয়ে যায়।

রোগ নির্ণয়ে: মানুষের দেহের অভ্যন্তরীণ ছবি এক্স-রে দ্বারা যেমন তোলা যায় তেমন শব্দোত্তর কম্পনের শব্দের সাহায্যে ছবি তুলে রোগ নির্ণয় করা যায়। এই প্রক্রিয়ার নাম আল্ট্রাসনোগ্রফি (Ultrasonography)। এই শব্দ দেহের অভ্যন্তরে প্রেরণ করা হয় এবং প্রতিফলিত শব্দকে আলোক শক্তিতে রূপান্তর করে টেলিভিশনের পর্দায় ফেলা হয়। ফলে কোনো রোগ থাকলে ধরা পড়ে।

চিকিৎসাক্ষেত্রে: দাঁতের স্কেলিং বা পাথর তোলার জন্য শব্দোত্তর কম্পনের শব্দ ব্যবহৃত হয়। কিডনির ছোট পাথর ভেঙে গুড়া করে তা অপসারণের কাজেও এই শব্দ ব্যবহৃত হয়।

অন্যান্য কাজে: ধাতব পিণ্ড বা পাতে সূক্ষ্মতম ফাটল অনুসন্ধানে, সূক্ষ্ম ইলেকট্রনিক যন্ত্রপাতি পরিষ্কার করার কাজে, ক্ষতিকর রোগজীবাণু ধ্বংসের কাজেও শব্দোত্তর কম্পনের শব্দ ব্যবহৃত হয়।

শব্দেতর কম্পাঙ্কের শব্দের ব্যবহার

শব্দেতর কম্পনের সীমা হচ্ছে 1 Hz থেকে 20 Hz। এই কম্পনের শব্দ মানুষ শুনতে পায়না তবে কোনো কোনো জীব-জন্তু শুনতে পায়। হাতি এই কম্পনের শব্দ দ্বারা নিজেদের মধ্যে যোগাযোগ রক্ষা করে চলে। কোনোরূপ বিকৃতি ছাড়া এই শব্দ বহুদূর পর্যন্ত যেতে পারে। ভূমিকম্প এবং পারমাণবিক বিস্ফোরণের সময় এই শব্দেতর কম্পনের সৃষ্টি হয় এবং প্রবল ঝাকুনির মাধ্যমে ধ্বংসযজ্ঞ চালায়।

সুরযুক্ত শব্দ ও তার বৈশিষ্ট্য

আমরা প্রতিদিন বহু রকম শব্দ শুনতে পাই। রাস্তা দিয়ে যানবাহন চলাচলের শব্দ, হাটবাজারের শব্দ, বর্ষাকালে বৃষ্টি পড়ার শব্দ, বিভিন্ন বাদ্যযন্ত্রের শব্দ ইত্যাদি আমরা প্রতিদিন শুনে থাকি। এসকল শব্দের কিছু কিছু শুনতে শ্রুতিমধুর লাগে আর কিছু কিছু শুনতে শ্রুতিকটু লাগে। অনুভূতির দিক দিয়ে বিচার করলে শ্রুতিমধুর শব্দ হচ্ছে সুরযুক্ত শব্দ। মূলত শব্দ উৎসের নিয়মিত ও পর্যাবৃত্ত কম্পনের ফলে যে শব্দ উৎপন্ন হয় এবং যা আমাদের কানে শ্রুতিমধুর বলে মনে হয় তাকে সুরযুক্ত শব্দ বলে। গিটার, বেহালা, বাশের বাঁশি প্রভৃতি বাদ্যযন্ত্রের শব্দ সুরযুক্ত শব্দ।

সুরযুক্ত শব্দের বৈশিষ্ট্য:

সুরযুক্ত শব্দের তিনটি বৈশিষ্ট্য আছে-

i)প্রাবল্য বা তীব্রতা (Loudness or Intensity) ii) তীক্ষ্ণতা (Pitch) এবং iii) গুণ বা জাতি (Quality or Timbre)

প্রাবল্য বা তীব্রতা: প্রাবল্য বা তীব্রতা বলতে শব্দ কতটা জোরে হচ্ছে তা বুঝায়। শব্দ বিস্তারের অভিমুখে লম্বভাবে রাখা একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমাণ শব্দশক্তি প্রবাহিত হয় তাকে শব্দের তীব্রতা বলে। SI পদ্ধতিতে শব্দের তীব্রতার একক Wm^{-2}।

তীক্ষ্ণতা: সুরযুক্ত শব্দের যে বৈশিষ্ট্য দিয়ে একই প্রাবল্যের খাদের সুর এবং চড়া সুরের মধ্যে পার্থক্য বুঝা যায় তাকে তীক্ষ্ণতা বা পীচ বলে। তীক্ষ্ণতা উৎসের কম্পাঙ্কের উপর নির্ভর করে। কম্পাঙ্ক যত বেশি হয়, সুর তত চড়া হয় এবং তীক্ষ্ণতা বা পীচ ততো বেশি হয়।

গুণ বা জাতি: সুরযুক্ত শব্দের যে বৈশিষ্ট্যের জন্য বিভিন্ন উৎস থেকে উৎপন্ন একই প্রাবল্য ও তীক্ষ্ণতাযুক্ত শব্দের মধ্যে পার্থক্য বুঝা যায় তাকে গুণ বা জাতি বলে।

পুরুষের গলার স্বর মোটা কিন্তু নারী ও শিশুর গলার স্বর তীক্ষ্ণ কেন?

মানুষের গলার স্বরযন্ত্রে দু'টো পর্দা আছে এদেরকে বলে স্বরতন্ত্রী বা Vocal Cord। এই ভোকাল কর্ডের কম্পনে ফলে গলা থেকে শব্দ নির্গত হয় এবং মানুষ কথা বলে। বয়স্ক পুরুষদের ভোকাল কর্ড বয়সের সঙ্গে

সঙ্গে দৃঢ় হয়ে পড়ে। কিন্তু শিশু বা নারীদের ভোকাল কর্ড দৃঢ় থাকে না, ফলে বয়স্ক পুরুষদের গলার স্বরের কম্পাঙ্ক কম এবং নারী বা শিশুদের স্বরের কম্পাঙ্ক বেশি হয়। তাই পুরুষদের গলার স্বর মোটা কিন্তু শিশু বা নারীদের কণ্ঠস্বর তীক্ষ।

শব্দ দূষণ

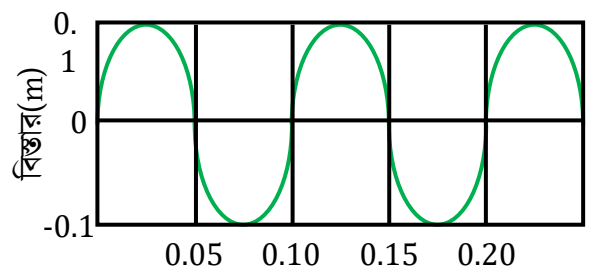
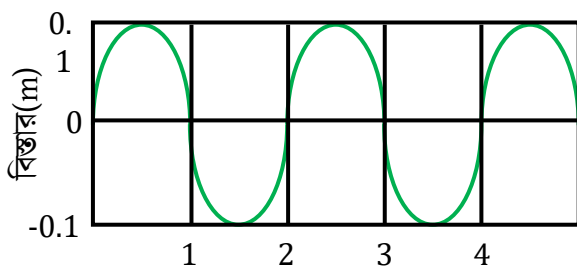
পারস্পরিক যোগাযোগ ও ভাব আদান-প্রদানের জন্য শব্দ প্রয়োজন। কিন্তু অপ্রয়োজনীয় শব্দ ও কোলাহল অসহ্য লাগে। বিভিন্ন উৎস থেকে উৎপন্ন জোরালো এবং অপ্রয়োজনীয় শব্দ যখন মানুষের সহনশীলতার মাত্রা ছাড়িয়ে বিরক্তি ঘটায় এবং স্বাস্থ্যের ক্ষতিসাধন করে তখন তাকে শব্দ দূষণ বলে।

মাইকের অবাধ ব্যবহার, ঢোলের শব্দ, বোমাবাজি, পটকা ফোটানোর আওয়াজ, কল কারখানার শব্দ, গাড়ির হর্নের আওয়াজ, উচ্চ ভলিউমে চালিত টেপ রেকর্ডার ও টেলিভিশনের শব্দ, পুরনো গাড়ির ইঞ্জিনের শব্দ, উড়োজাহাজ ও জঙ্গী বিমানের তীব্র শব্দ প্রভৃতি শব্দ দূষণের প্রধান কারণ।

অবিরাম তীব্র শব্দ মানসিক উত্তেজনা বাড়ায় ও মেজাজ খিটখিটে করে। শব্দ দূষণ বমি বমি ভাব, ক্ষুধা মন্দা, রক্তচাপ বৃদ্ধি, হৃদপিণ্ড ও মস্তিষ্কের জটিল রোগ, অনিদ্রাজনিত অসুস্থতা, ক্লান্তি ও অবসাদগ্রস্থ হয়ে পড়া, কর্ম ক্ষমতা হ্রাস, স্মৃতিশক্তি হ্রাস, মাথা ঘোরা প্রভৃতি ক্ষতিকারক প্রভাব সৃষ্টি করে। হঠাৎ তীব্র শব্দ মানুষের শ্রবণশক্তি নষ্ট করতে পারে।

বর্তমানে শব্দ দূষণ মারাত্মক সমস্যার সৃষ্টি করছে। এর কবলে পড়ে প্রায়ই অসুস্থ রোগী এবং পরীক্ষার্থীরা ক্ষতিগ্রস্থ হচ্ছে। শব্দ দূষণের হাত থেকে বাচাঁর উপায় হলো শব্দ কমানো। এ প্রসঙ্গে আমরা কিছু পদক্ষেপ গ্রহণ করতে পারি। যে কোনো উৎসব বা অনুষ্ঠানে উচ্চস্বরে মাইক বাজানো থেকে বিরত থাকতে হবে। উৎসবে পটকা, বাজি ফাটানো প্রভৃতি নিষিদ্ধ করতে হবে। গাড়ির হর্ন অযথা বাজানো বা জোরে বাজানো পরিহার করা উচিত। কম শব্দ উৎপাদনকারী ইঞ্জিন বা যন্ত্রপাতি তৈরি এবং লোকালয় থেকে দূরে কলকারখানা ও বিমান বন্দর স্থাপন করেও আমরা শব্দ দূষণের হাত থেকে রেহাই পেতে পারি। শহরের মাঝে মাঝে উন্মুক্ত জায়গা রাখা এবং রাস্তার ধারে শব্দ শোষণকারী গাছপালা লাগানো উচিত। কলকারখানায় শব্দ শোষণ যন্ত্রের ব্যবহার চালু করে এবং জনসচেতনতা বৃদ্ধিকরে শব্দ দূষণ নিয়ন্ত্রণ করা সম্ভব।

সূত্র	চলকের পরিচয়	একক
$F=-kx$	F = স্প্রিং বল k = স্প্রিং ধ্রুবক x = সাম্যাবস্থা হতে সরণ	N
$T=2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$	T = পর্যায়কাল k = স্প্রিং ধ্রুবক m = বস্তুর ভর	s
$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$	T = পর্যায়কাল l = সরল দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্য g =অভিকর্ষজ ত্বরণ	s
$f=1/T$	f =কম্পাঙ্ক T = পর্যায়কাল	s^{-1} বা Hz
$v=f\lambda$	v = তরঙ্গবেগ λ = তরঙ্গদৈর্ঘ্য	ms^{-1}
$2h=vt$	h = গভীরতা বা দূরত্ব v = শব্দের বেগ t = সময়	m

টাইপ ভিত্তিক সমস্যাবলী

চিত্রে অবস্থান এবং সময়ের সাপেক্ষে একটি তরঙ্গ দেখানো হয়েছে। তরঙ্গটির বেগ কত?

সমাধান:

এখানে, অবস্থানের সাপেক্ষে তরঙ্গের লেখচিত্র থেকে পাই,

তরঙ্গদৈর্ঘ্য $\lambda = 2\, m$

আবার, সময়ের সাপেক্ষে তরঙ্গের লেখচিত্র থেকে পাই,

আমরা জানি, পর্যায়কাল, $T = 0.10\, s$

কম্পাঙ্ক, $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.10\, s} = 10\, Hz$

আবার, তরঙ্গবেগ, $v = f\lambda = 10\, Hz\, x\, 2\, m = 20ms^{-1}$

প্রশ্ন: 300 Hz কম্পাঙ্কে স্পন্দিত কোনো রেডিও স্পিকার থেকে উৎপন্ন শব্দ তরঙ্গের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বায়ুতে 1.15 m হলে বায়ুতে শব্দ তরঙ্গের দ্রুতি কত?

সমাধান:

আমরা জানি,

$v = f\lambda$

$= (300\, s^{-1})(1.15\, m)$

$= 345\, ms\hat{}-1$

দেওয়া আছে,

কম্পাঙ্ক, $f = 300\, Hz = 300\, s^{-1}$

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 1.15$ m

তরঙ্গ দ্রুতি, $v = ?$

প্রশ্ন: পানিতে সৃষ্ট একটি তরঙ্গদৈর্ঘ্য $9.65\, cm$। যদি বায়ু ও পানিতে শব্দ তরঙ্গের বেগ যথাক্রমে 332 ms এবং $1452.5\, ms^{-1}$ হয়, তবে বাতাসে শব্দ তরঙ্গের দৈর্ঘ্য এবং কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর।

সমাধান:

আমরা জানি,

$v = f\lambda$

$\therefore v_a = f\lambda_a$ এবং $v_w = f\lambda_w$

$\Rightarrow f = \frac{v_a}{\lambda_a}$ এবং $f = \frac{v_w}{\lambda_w}$

$\therefore \frac{v_a}{\lambda_a} = \frac{v_w}{\lambda_w}$

$\therefore \lambda_a = \frac{v_a}{v_w} \times \lambda_w$

$= \frac{332\, ms^{-1}}{1452.5ms^{-1}} \times 0.0965m = 0.02m$

উদ্দীপক হতে পাই,

পানিতে শব্দের বেগ, $v_w = 1452.5\, ms^{-1}$

বায়ুতে শব্দের বেগ, $va = 332\, ms^{-1}$

পানিতে শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_w = 9.65\, cm$

$= 0.0965m$

বাতাসে শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_a = ?$

কম্পাঙ্ক, $f = ?$

আবার,

$$v_a = f\lambda_a$$

$$\therefore f = \frac{v_a}{\lambda_a} = \frac{332ms^{-1}}{0.02m} = 16600\ Hz$$

প্রশ্ন: নদীর এক পাড়ে দাঁড়িয়ে এক ব্যক্তি হাততালি দিল। ওই শব্দ নদীর অপর পাড় থেকে ফিরে এসে 2.5s পর প্রতিধ্বনি শোনা গেল। ওই সময় বায়ুতে শব্দের বেগ 350 ms-1 হলে নদীটির প্রশস্ততা কত?

সমাধান:

মনেকরি,

নদীর প্রশস্ততা d.

আমরা জানি,

$$2d = vt$$

$$\Rightarrow d = \frac{vt}{2}$$

$$\Rightarrow d = \frac{350 \times 2.5}{2}$$

$$\therefore d = 437.5\ m$$

দেওয়া আছে,

বেগ, $v = 350ms^{-1}$

সময়, $t = 2.5s$

প্রশস্ততা, $d = ?$

অতএব, আমরা পাই, নদীর প্রশস্ততা $255m$.

সৃজনশীল (CQ)

প্রশ্ন নং: ১। এস এস সি পরীক্ষা (সকল বোর্ড) ২০১৮

রনি ও জনি দুই বন্ধু একদিন একটি পাহাড়ের সামনে দাঁড়িয়েছিল। রনি তার হাত হতে থাকা বন্দুক হতে উপরের দিকে গুলি ছুঁড়লো। জনি প্রতিধ্বনি না শুনলেও $1m$ পেছনে থাকা রনি $0.1005\ s$ পর প্রতিধ্বনি শুনেছিল। ঐ দিন বাতাসের তাপমাত্রা ছিল $25°c$

(ক) বিস্তার কাকে বলে?

(খ) শীতকাল অপেক্ষা বর্ষাকালে শব্দ দ্রুত শুনা যায় কেন?

(গ) রনি ও পাহাড়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব কত?

(ঘ) ঐ সময় তাপমাত্রা ন্যূনতম কত হলে জনি প্রতিধ্বনি শুনতে পেত? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

সমাধান:

(ক) তরঙ্গস্থিত কোন কণার সাম্যবস্থান থেকে সর্বাধিক সরণকে বিস্তার বলে।

(খ) শব্দের বেগ বায়ুর তাপমাত্রা ও আর্দ্রতার উপর নির্ভর করে। বায়ুর তাপমাত্রা ও আর্দ্রতা যত বাড়ে বায়ুতে শব্দের বেগও তত বাড়ে। শীতকালে বায়ুর তাপমাত্রা ও আর্দ্রতা কম থাকে অন্যদিকে বর্ষাকালে বায়ুর তাপমাত্রা ও আর্দ্রতা বেশি থাকে। এজন্য শীতকাল অপেক্ষা বর্ষাকালে শব্দ দ্রুত শুনা যায়।

(গ) মনেকরি, রনি ও পাহাড়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, d

আবার, উদ্দীপক হতে, বাতাসের তাপমাত্রা, $\theta = 25°C$

সময়, $t = 0.1005\, s$

$0°C$ তাপমাত্রায় বায়ুতে শব্দের বেগ, $\mathrm{v_o} = 332\, m\, s^{-1}$

$25°C$ তাপমাত্রায় বায়ুতে শব্দের বেগ, $v\ =?$

এখন,

আমরা জানি, $v = v_0 + 0.6 \times \theta$

$v = 332\, m\, s\, 1 + 0.6\, x\, 25ms^{-1}$

$v = 347\, ms^{-1}$

শর্তমতে,

$2d - 1 = vt$ (যেহেতু রনি 1m পিছনে ছিল)

$d = \frac{vt+1}{2} = \frac{347\, ms^{-1} \times 0.1005\, s+1}{2}$

$d = 17.94\, m$

অতএব, রনি ও পাহাড়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব $17.94\, m$

(ঘ) গ হতে পাই, রনি ও পাহাড়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব $= 17.94\, m$

$\therefore$ জনি হতে পাহাড়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 17.94\, m - 1\, m = 16.94\, m.$

মনেকরি, জনির প্রতিধ্বনি শুনার ন্যূনতম সময়, $t_j = 0.1\, s$

আমরা জানি, $0\,°C$ তাপমাত্রায় বায়ুতে শব্দের বেগ, $v_0 = 332\, m\, s^{-1}$

আবার, $2d_j = v_1 t_j$

$$v_1 = \frac{2d_j}{t_j} = \frac{2 \times 16.94m}{0.01s} 338.8\, ms^{-1}$$

এখন,

বায়ুর তাপমাত্রা θ_1 হলে, $v_1 = v_0 + 0.6 \times \theta_1$

$$0.6 \times \theta_1 = v_1 - v_0$$

$$\text{বা, } \theta_1 = \frac{v_1 - v_0}{0.6} = \frac{338.8 - 332}{0.6} = \frac{6.8}{0.6}$$

$$\therefore \theta_1 = 11.33°C$$

সুতরাং, ঐ সময় তাপমাত্রা ন্যূনতম 11.33°C হলে জনি প্রতিধ্বনি শুনতে পেত।

প্রশ্ন নং: ২। ঢাকা বোর্ড ২০১৭

একটি কুয়ার গভীরতা 3500 cm, বায়ুর তাপমাত্রা 65 $°F$ উক্ত তাপমাত্রায় বাতাসে শব্দের বেগ 343 ms^{-1}।

(ক) তরঙ্গবেগ কী?

(খ) কম্পাঙ্ক ও পর্যায়কালের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর।

(গ) সেলসিয়াস স্কেলে উক্ত স্থানের তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

(ঘ) কুয়ার মুখে শব্দ করলে প্রতিধ্বনি শুনতে পাবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

সমাধান:

(ক) কোন একটি তরঙ্গের কোন একটি নির্দিষ্ট দিকে একক সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দুরত্বকে তরঙ্গবেগ বলে।

(খ) ধরি, কোনো তরঙ্গের পর্যায়কাল T এবং কম্পাঙ্ক f কম্পাঙ্কের সংজ্ঞানুযায়ী,

মাধ্যমে কোনো কণা f সংখ্যক পূর্ণকম্পন সম্পন্ন করে 1 সেকেন্ডে

$\therefore$ মাধ্যমে কোনো কণা 1 টি পূর্ণকম্পন সম্পন্ন করে $\frac{1}{f}$ সেকেন্ডে

একটি পূর্ণকম্পনের জন্য যে সময় লাগে তাকে পর্যায়কাল T বলে।

সুতরাং $T = \frac{1}{f}$ বা, $f = \frac{1}{T}$

অর্থাৎ, কম্পাঙ্ক পর্যায়কালের ব্যস্তানুপাতিক।

(গ) মনেকরি, সেলসিয়াস স্কেলে তাপমাত্রা C

উদ্দীপক হতে, বায়ুর তাপমাত্রা, $F = 65\ °F$

আমরা জানি,

$$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9}$$

$$\frac{C}{5} = \frac{65-32}{9}$$

$$C = \frac{5\times33}{9} = 18.33°C$$

অতএব, সেলসিয়াস স্কেলে উক্ত স্থানের তাপমাত্রা $18.33°C$।

(ঘ) ধরি, প্রতিধ্বনি শুনতে প্রয়োজনীয় সময় t

দেওয়া আছে, কুয়ার গভীরতা, $h = 3500\ cm = 35\ m$

বায়ুতে শব্দের বেগ, $v = 343\ ms^{-1}$

আমরা জানি, $2h = v \times t$

$$t = \frac{2h}{t} = \frac{2\times35m}{343\ ms^{-1}}$$

$$\therefore t = 0.204\ s$$

আবার শব্দানুভূতির স্থায়িত্বকাল, $t' = 0.1\ s.$

অর্থাৎ, $t > t'$

অতএব, উপরের আলোচনা হতে বলা যায় যে, কুয়ার মুখে শব্দ করলে প্রতিধ্বনি শুনতে পাবে।

প্রশ্ন নং: ৩। রাজশাহী বোর্ড ২০১৭

P মাধ্যমে দুটি ভিন্ন উৎস হতে সৃষ্ট শব্দদ্বয়ের কম্পাঙ্ক $340\ Hz$ এবং $400\ Hz$ এবং এদের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য $0.165\ m.$ অপর একটি মাধ্যম Q তে শব্দের বেগ $400\ ms^{-1}$।

(ক) স্পর্শ বল কাকে বলে?

(খ) শব্দের বেগের সাথে মাধ্যমের প্রকৃতির সম্পর্ক ব্যাখ্যা কর।

(গ) P মাধ্যমে শব্দের বেগ নির্ণয় কর।

(ঘ) মাধ্যমদ্বয়ে একই শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য $0.1\ m$ হলে তরঙ্গটি 80 বার কম্পনে Q মাধ্যমে $124\ m$ যেতে পারবে কিগাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও।

সমাধান:

(ক) যে বল সৃষ্টির জন্য দুটি বস্তুর প্রত্যক্ষ সংস্পর্শের প্রয়োজন তাকে স্পর্শ বল বলে।

(খ) শব্দের বেগ এর মধ্যমের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। তাই বিভিন্ন মাধ্যমে শব্দের বেগ বিভিন্ন হয়। উদাহরণস্বরূপ বায়ু, পানি এবং লোহাতে শব্দের বেগ ভিন্ন ভিন্ন। $20\,°C$ তাপমাত্রার বায়তে শব্দের বেগ $344\, ms^{-1}$, পানি $1450ms^{-1}$ এবং লোহায় $5130ms^{-1}$। সাধারণভাবে বলা যায়, বায়ুতে শব্দের বেগ কম, তরলে তার চেয়ে বেশি আর কঠিন পদার্থে সবচেয়ে বেশি। আবার বায়ুর তাপমাত্রা ও আর্দ্রতা বৃদ্ধি পেলে শব্দের বেগ বৃদ্ধি পায়।

(গ) দেওয়া আছে, P মাধ্যমে সৃষ্ট শব্দদ্বয়ের কম্পাক, $f_1 = 340\, Hz$

এবং $f_2 = 400\, Hz$

ধরি, P মাধ্যমে শব্দের বেগ, v_a হলে,

১ম শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda_1 = \frac{v_p}{f_1}$

২য় শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda_2 = \frac{v_p}{f_2}$

প্রশ্নমতে, $\lambda_1 - \lambda_2 = 0.165$

বা, $v_p\left(\frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2}\right) = 0.165$

বা, $v_p\left(\frac{1}{340} - \frac{1}{400}\right) = 0.165$

বা, $v_p\left(\frac{3}{6800}\right) = 0.165$

$\therefore v_p = \frac{0.165 \times 6800}{3} = 374\, ms^{-1}$

অতএব, P মাধ্যমে শব্দের বেগ $374\, ms^{-1}$

(ঘ) এখানে, Q মাধ্যমে শব্দের বেগ, $Q = 400\, ms^{-1}$

P মাধ্যমে শব্দের বেগ, $vp = 374\, ms^{-1}$ [গ নং থেকে প্রাপ্ত]

ধরি, শব্দটির কম্পাঙ্ক f

এখন, P ও Q মাধ্যমে শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য যথাক্রমে λ_p ও λ_Q হলে,

প্রশ্নমতে,

$\lambda_Q - \lambda_P = 0.1$

বা, $\frac{1}{f}\left(v_Q - v_p\right) = 0.1$

বা, $\frac{1}{f}(400 - 374) = 0.1$

বা, $\frac{1}{f}(26) = 0.1$

$\therefore f = \frac{26}{0.1} = 260\ Hz$

$\therefore$ Q মাধ্যমে শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda_Q = \frac{v_Q}{f} = \frac{400}{260} = \frac{20}{13} m$

$\therefore$ Q মাধ্যমে তরঙ্গটি ৪০ বার কম্পনে অতিক্রম করবে $= \left(\frac{20}{13} \times 80\right) m = 123.1\ m$

এখান, $123.1\ m\ <\ 124\ m$

অতএব, তরঙ্গটি 80 বার কম্পানে Q মাধ্যমে 124 m যেতে পারবে না।

প্রশ্ন নং: ৪। কুমিল্লা বোর্ড ২০১৭

সমতল পৃষ্ঠের উপর অবস্থিত দুটি ১০ তলা ভবনের মাঝে ভূ-পৃষ্ঠের উপর দাঁড়িয়ে এক ব্যক্তি বন্দুক থেকে গুলি ছুঁড়ল। সে $2s$ পরে প্রথম প্রতিধ্বনি এবং $2.15s$ পরে দ্বিতীয় প্রতিধ্বনি শুনতে পেল। ঐ সময়ে ৰায়ুর তাপমাত্রা ছিল $35°C$।

(ক) বিস্তার কাকে বলে?

(খ) শব্দের তীব্রতা $40\ Wm^{-2}$ বলতে কী বুঝায়?

(গ) ভবন দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব নির্ণয় কর।

(ঘ) উদ্দীপক অনুসারে ব্যক্তিটি ২য় প্রতিধ্বনি শুনার কত সময় পর তৃতীয় প্রতিধ্বনি শুনতে পারবে?- গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

সমাধান:

(ক) তরঙ্গস্থিত কোনো কণার যেকোনো একদিকে সর্বাধিক সরণকে বিস্তার বলে।

(খ) শব্দের তীব্রতা $40\ Wm^{-2}$ বলতে বুঝায় যে, শব্দ বিস্তারের অভিমুখে লম্বভাবে রাখা $1m^2$ ক্ষেত্রফলের মধ্যদিয়ে প্রতি সেকেন্ডে $40J$ শব্দশক্তি প্রবাহিত হয়।

(গ) ধরি, ভবন দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব d

আমরা জানি, বায়ুতে শব্দের বেগ $332\ ms^{-1}$

∴ $35°C$ তাপমাত্রায় বায়ুতে শব্দের বেগ, $v = (332 + 35 \times 0.6)ms^{-1} = 353\ ms^{-1}$

মনে করি, ১ম ভবনে প্রতিফলিত শব্দ, $t_1 = 2s$ পর এবং ২য় ভবনে প্রতিফলিত শব্দ, $t_2 = 2.15\ s$ পর ঐ ব্যক্তির কানে পৌছে।

প্রথম ভবন থেকে ঐ ব্যক্তির দূরত্ব d হলে,

আমরা জানি,

$$v = \frac{2d_1}{t_1}$$

$$\therefore d_1 = \frac{vt_1}{2} = \frac{353 \times 2}{2} = 353\ m$$

দ্বিতীয় ভবন থেকে ঐ ব্যক্তির দূরত্ব d_2 হলে,

$$v = \frac{2d_2}{t_2}$$

$$\therefore d_2 = \frac{vt_2}{2} = \frac{353 \times 2.15}{2} = 379.475\ m$$

ভবন দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = d_1 + d_2$

বা, $d = 353m + 379.475\ m$

$\therefore \mathrm{d} = 732.475\ m$

অতএব, ভবন দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব $732.475m$

(ঘ) 'গ' থেকে পাই,

$35\ °C$ তাপমাত্রায় বায়ুতে শব্দের বেগ, $v = 353\ ms^{-1}$

ভবন দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 732.475\ m$

২য় প্রতিধ্বনি শোনার সময়, $t_2 = 2.15\ s$

প্রশ্নমতে,

গুলি ছোড়ার সময় থেকে ৩য় প্রতিধ্বনি শোনার সময় t_3 হলে,

আমরা জানি,

$$2d = vt_3$$

$$\therefore t_3 = \frac{2d}{v} = 2 \times \frac{732.475}{353} = 4.15\ s$$

এখন, $t_3 - t_2 = 4.15\ s - 2.15\ s = 2\ s$

অতএব, উদ্দীপক অনুসারে ব্যক্তিটি ২য় প্রতিধ্বনি শোনার $2s$ পর তৃতীয় প্রতিধ্বনি শুনতে পাবে।

প্রশ্ন নং: ৫। চট্টগ্রাম বোর্ড ২০১৭

পলাশ একটি পাহাড়ের সামনে দাঁড়িয়ে শব্দ করল এবং $0.15\ s$ পর প্রতিধ্বনি শুনতে পেল। ঐ স্থানের বায়ুর তাপমাত্রা $30°C$।

(ক) তরঙ্গ কী?

(খ) সকল প্রতিফলিত শব্দ শোনা যায় না কেন?

(গ) পলাশের নিকট থেকে পাহাড়ের দূরত্ব কত?

(ঘ) পলাশ ক্রমাগত শব্দ করতে করতে পাহাড়ের দিকে এগিয়ে যেতে থাকলে সর্বোচ্চ কত দূরত্ব পর্যন্ত প্রতিধ্বনি শুনতে পাৰে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

সমাধান:

(ক) যে পর্যাবৃত্ত আন্দোলন কোনো জড় মাধ্যমের এক স্থান থেকে অন্য স্থানে শক্তি সঞ্চালিত করে কিন্তু মাধ্যমের কণা স্থায়ীভাবে স্থানান্তরিত করে না, ঐ পর্যায়বৃত্ত আন্দোলনকে তরঙ্গ বলে।

(খ) সকল শব্দের প্রতিধ্বনি শোনা যায় না। এর কারণ শব্দের উৎস ও প্রতিফলকের সাথে একটি ন্যূনতম দূরত্ব থাকা প্রয়োজন। আমরা জানি, শব্দানুভূতির স্থায়িত্বকাল $0.1\ s$। এ সময়ের মধ্যে প্রলতিফলিত হয়ে শোতার কানে পৌছালে শব্দকে আলাদাভাবে শোনা যাবে না। তাই শব্দের উৎস ও প্রতিফলকের মধ্যে এমন একটি ন্যূনতম দূরত্ব থাকতে হবে যাতে শব্দ কমপক্ষে $0.1\ s$ পরে ফিরে আসে। অর্থাৎ, উৎস ও প্রতিফলকের মাঝে এ ন্যূনতম দূরত্ব না থাকলে শব্দের প্রতিধ্বনি শোনা যাবে না। এজন্যই, সকল প্রতিফলিত শব্দ শোনা যায়না।

(গ) দেওয়া আছে, প্রতিধ্বনি শোনার সময়, $t = 0.15\ s$

$30°C$ তাপমাত্রায় বায়ুতে শব্দের বেগ, $v = (332 + 30 \times 0.6) ms^{-1} = 350\ ms^{-1}$

$\therefore$ পলাশেরর নিকট থেকে পাহাড়ের দূরত্ব, $d =?$

আমরা জানি,

$$v = \frac{2d}{t}$$

বা, $d = \frac{vt}{2}$

$$\therefore d = \frac{350 \times 0.15}{2} = 26.25m$$

অতএব, পলাশের নিকট থেকে পাহাড়ের দূরত্ব $26.25m$।

(ঘ) দেওয়া আছে, $30\,°C$ তাপমাত্রায় বায়ুতে শব্দের বেগ, $v = 350\,ms^{-1}$.

পলাশ ক্রমাগত শব্দ করতে করতে পাহাড়ের দিকে এগিয়ে গেলে তিনি শোনার সময়কাল সর্বনিম্ন $t' = 0.1\,s$ পর্যন্ত সে প্রতিধ্বনি শুনতে পাবে। এক্ষেত্রে পলাশের নিকট থেকে পাহাড়ের দূরত্ব d' হলে-

আমরা জানি,

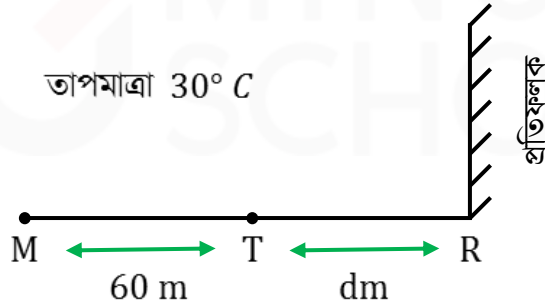
$$v = \frac{2d'}{t}$$

$$\text{বা, } d' = \frac{vu}{2}$$

$$\therefore d = \frac{350 \times 0.1}{2} = 1.75\,m$$

এখন, 'গ' থেকে পাই, পলাশের নিকট থেকে পাহাড়ের দূরত্ব $d = 26.25\,m$ অতএব, পলাশ ক্রামগত শব্দ করতে করতে পাহাড়ের দিকে এগিয়ে যেতে থাকলে পূর্বের অবস্থান থেকে সর্বোচ্চ $(d - d')$ বা $(26.25 - 175)\,m$ বা $8.75\,m$ দূরত্ব পর্যন্ত প্রতিধ্বনি শুনতে পাবে।

প্রশ্ন নং: ৬। সিলেট বোর্ড ২০১৭

M অবস্থানে প্রতিধ্বনি শুনার সময় 0.5 সেকেন্ড।

(ক) প্রতিধ্বনি কী?

(খ) দিনের বেলা অপেক্ষা রাতের বেলায় শব্দের বেগ বেশি থাকে কেন?

(গ) M অবস্থান থেকে R প্রতিফলকের দূরত্ব নির্ণয় কর।

(ঘ) T অবস্থান থেকে শব্দ করলে প্রতিধ্বনি শুনা যাবে কি? গেলে। কত সেকেন্ড পর শুনা যাবে? - গাণিতিক বিশ্লেষণে তোমার মতামত দাও।

সমাধান:

(ক) যখন কোনো শব্দ মূল শব্দ থেকে আলাদা হয়ে মূল শব্দের - পুনরাবৃত্তি করে তখন ঐ প্রতিফলিত শব্দই হলো প্রতিধ্বনি।

(খ) দিনের বেলায় চারদিক কোলাহলপূর্ণ থাকে। কোলাহলপূর্ণ থাকায় এ সময় শব্দ বিভিন্ন বাধার কারণে অধিক বেগ প্রাপ্ত হতে পারে না। কিন্তু রাতের বেলায় পারিপার্শ্বিক পরিবেশ তুলনামূলক কম কোলাহলপূর্ণ থাকে। ফলে শব্দ চলার সময় কম বাধা পায়। এ কারণে দিনের বেলা অপেক্ষা রাতের বেলায় শব্দের বেগ বেশি থাকে।

(গ) মনেকরি, M থেকে R প্রতিফলকের দূরত্ব x

দেওয়া আছে,

প্রতিধ্বনি শোনার প্রয়োজনীয় সময়, $t = 0.5\,s$

বায়ুর তাপমাত্রা, $\theta = 30\,°C$

$\therefore$ $30\,°C$ তাপমাত্রায় বায়ুতে শব্দে বেগ, $v = 332\,ms^{-1} + 30 \times 0.6\,ms^{-1} = 350\,ms^{-1}$

আমরা জানি, $2x = vt$

$$X = \frac{vt}{2} = \frac{350 \times 0.5}{2} = 87.5\,m$$

অতএব, M অবস্থান থেকে R প্রতিফলকের দূরত্ব $87.5\,m$

(ঘ) উদ্দীপক হতে, M অবস্থান হতে T এর দূরত্ব, $MT = 60\,m$

ধরি,

T অবস্থান হতে R এর দূরত্ব, $TR = d\,m$

আবার, গ হতে পাই,

M অবস্থান হতে R প্রতিফলকের দূরত্ব, $MR = 87.5\,m$

এবং, বায়ুতে শব্দের বেগ, $v = 350m\,s^{-1}$

আবার, $MR = MT + TR$

বা, $87.5\,m = 60m + d$

বা, $d = 87.5\,m - 60\,m$

$\therefore\ d = 27.5\,m$

আবার ধরি, T অবস্থান থেকে প্রতিধ্বনি শুনতে প্রয়োজনীয় সময় t

আমরা জানি, $2d = vt$

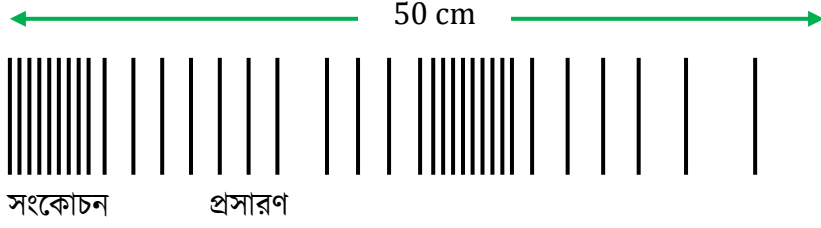
$$\therefore t = \frac{2d}{v} = \frac{2 \times 27.5\,m}{350ms^{-1}} = \frac{55}{350ms^{-1}} = 0.157s$$

আমরা জানি, শব্দানুভূতির স্থায়িত্বকাল, $t = 0.1\,s$

যেহেতু $t > t'$ সেহেতু প্রতিধ্বনি শোনা যাবে এবং প্রতিধ্বনি শোনার জন্য প্রয়োজনীয় সময় $0.157\,s$।

প্রশ্ন নং: ৭। বরিশাল বোর্ড ২০১৭

নির্দিষ্ট উৎস হতে সৃষ্ট শব্দের বায়ুতে তরঙ্গ-

সংকোচন প্রসারণ বায়ুতে শব্দের বেগ $347\ ms^{-1}$; পানিতে শব্দের বেগ $1474.75\ ms^{-1}$.

(ক) বিস্তার কাকে বলে?

(খ) ঘর্মাক্ত অবস্থায় চলন্ত ফ্যানের নিচে বসলে ঠাণ্ডা লাগে কেন? ব্যাখ্যা কর।

(গ) বায়ুর তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

(ঘ) বায়ুর তুলনায় পানিতে সৃষ্ট শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের কিরুপ পরিবর্তন হবে- গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

সমাধান:

(ক) সাম্যাবস্থান থেকে যেকোনো একদিকে তরঙ্গস্থিত কোনো কণার সর্বাধিক সরণকে বিস্তার বলে।

(খ) ঘর্মাক্ত অবস্থায় চলন্ত ফ্যানের নিচে বসলে ঠাণ্ডা লাগে। এর কারণ হাল ফ্যানের নিচে বসলে ফ্যানের বাতাসে শরীরের ঘাম বাষ্পে পরিণত হওয়া শুরু করে। এজন্য প্রয়োজনীয় সুপ্ততাপ শরীরের মধ্য থেকে সরবরাহ হয় বলে শরীরের তাপমাত্রা কমে যায় এবং ঠাণ্ডা লাগে।

(গ) বায়ুতে শব্দের বেগ, $v = 347\ ms^{-1}$

আমরা জানি, $0°C$ তাপমাত্রায় বায়ুতে শব্দের বেগ $332\ ms^{-1}$

ধরি, বায়ুর তাপমাত্রা θ

$$\therefore v = (332 + \theta \times 0.6)$$

বা, $347 = 332 + 0.6\theta$

বা, $0.6\theta = 347 - 332$

$$\therefore \theta = \frac{15}{0.6} = 25°C$$

অতএব, বায়ুর তাপমাত্রা $25°C$।

(ঘ) বায়ুতে শব্দের বেগ, $v_a\ =\ 332\ ms^{-1}$

এখন, বায়ুতে শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য λ_a হলে,

প্রশ্নমতে,

$$\frac{5\lambda_a}{2} = 50cm$$

বা, $5\lambda_a = 100\ cm$

$\therefore$ বায়ুতে শব্দের কম্পাঙ্ক,$f\ = \frac{v_a}{\lambda_a} = \frac{347ms^{-1}}{0.2m} = 1735\ Hz$

আবার, পানিতে শব্দের বেগ, $v_w\ =\ 1474.75\ m\ s$

এখন, পানিতে শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, λ_w হলে,

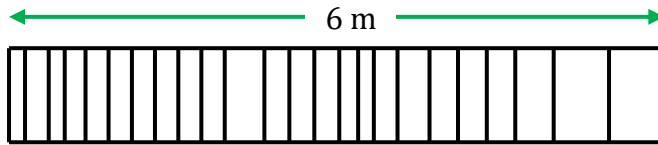
আমরা জানি,

$$\lambda_w = \frac{v_w}{f} = \frac{1474.75ms^{-1}}{1735Hz} = 0.85m$$

$$\therefore \lambda_w - \lambda_a = 0.85m\ - 0.2m = 0.65\ m$$

অতএব, বায়ুর তুলনায় পানিতে সৃষ্ট শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য $0.65\ m$ বেশি হবে।

প্রশ্ন নং: ৮। দিনাজপুর বোর্ড ২০১৭

একটি উৎসের সৃষ্ট শব্দ তরঙ্গের কম্পাঙ্ক $86\ Hz.$ উহা পানিতে ও বায়ুতে ভিন্ন বেগের সৃষ্টি করে। পানিতে বেগ $1450\ ms^{-1}$ এবং বায়ুতে ইহার কম্পনের চিত্র নিম্নরূপ

(ক) দশা কাকে বলে?

(খ) শব্দের তীব্রতা 25 Wm-2 বলতে কি বুঝায়?

(গ) পানিতে উল্লিখিত তরঙ্গের পর্যায়কাল নির্ণয় কর।

(ঘ) উল্লিখিত মাধ্যমদ্বয়ে উক্ত শব্দ তরঙ্গের বেগ ভিন্ন হওয়ার কারণ গাণিতিক যুক্তিসহ বিশ্লেষণ কর।

সমাধান:

(ক) কোনো একটি তরঙ্গস্থিত কণার যেকোনো মুহূর্তের গতির সামগ্রিক অবস্থা প্রকাশক রাশিকে দশা বলা হয়।

(খ) শব্দের তীব্রতা $25\ Wm^{-2}$ বলতে বুঝায় যে, শব্দ বিস্তারের অভিমুখে লম্বভাবে রাখা $1\ m^2$ ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে $25J$ শব্দশক্তি প্রবাহিত হয়।

(গ) এখানে, শব্দের কম্পাঙ্ক, $f\ =\ 86\ Hz$

$\therefore$ পানিতে পর্যায়কাল, $T\ =?$

আমরা জানি,

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{86Hz} = 0.01165\ s$$

সুতরাং, পানিতে উল্লিখিত শব্দ তরঙ্গের পর্যায়কাল $0.01162\ s$।

(ঘ) উল্লিখিত শব্দের কম্পাঙ্গ, $f\ =\ 86\ Hz$

এবং, পানিতে বেগ, $v_w\ =\ 1450\ ms^{-1}$

পানিতে শব্দটির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, λ_w হলে,

$$\lambda_w = \frac{v_w}{f} = \frac{1450ms^{-1}}{f=86Hz} = 16.86\ m$$

বায়ুতে শব্দটির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য λ_a হলে উদ্দীপক অনুসারে,

$$\frac{3\lambda_a}{2} = 6$$

বা, $3\lambda_a = 12$

$$\therefore \lambda_a = 4$$

এখন, বায়ুতে শব্দের বেগ v_a হলে, $v_a\ =\ f\lambda_a\ =\ 86\ Hz \times\ 4m\ =\ 344\ ms^{-1}$

অর্থাৎ $\lambda_a\ \neq \lambda_w$

অতএব, উপরোক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণের আলোকে বলা যায়, উল্লিখিত মাধ্যমদ্বয়ে শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ভিন্নতার কারণে তরঙ্গের বেগ ভিন্ন হয়েছে।

প্রশ্ন নং: ৯। ঢাকা বোর্ড ২০১৬

কোনো বেতারকেন্দ্র মিডিয়াম ওয়েভ $350\ KHz$ –এ প্রতিদিন সকাল দশ ঘটিকার সময়ে পল্লীগীতির অনুষ্ঠান সম্প্রচার করে। রেডিও তরঙ্গবেগ $3 \times 108ms^{-1}$। পানিতে সৃষ্ট অপর একটি তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য রেডিও তরঙ্গটির এক শতাংশ এবং পানিতে শব্দের বেগ $1450\ ms^{-1}$.

(ক) কম্পাঙ্ক কাকে বলে?

(খ) পুরুষের কণ্ঠস্বর মোটা কিন্তু নারী ও শিশুর কণ্ঠস্বর তীক্ষ কেন? ব্যাখ্যা কর।

(গ) রেডিও তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

(ঘ) রেডিও তরঙ্গটির কম্পাঙ্ক পানিতে সৃষ্ট তরঙ্গটির কম্পাঙ্কের কতগুণ গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। রেডিও তরঙ্গটির কম্পাঙ্ক পানিতে সৃষ্ট তরঙ্গটির কম্পাঙ্কের কতগুণ গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

সমাধান:

(ক) একক সেকেন্ডে যতগুলো পূর্ণকম্পন সৃষ্টি হয় তাকে তরঙ্গের কম্পাঙ্ক বলে।

(খ) মানুষের গলার স্বরযন্ত্রে দুটো পর্দা আছে। এদের বলে স্বরতন্ত্রী বা Vocal cord. এই ভোকাল কর্ডের কম্পনের ফলে গলা থেকে শব্দ নির্গত হয় এবং মানুষ কথা বলে। পুরুষদের ভোকাল কর্ড বয়সের সাথে সাথে দৃঢ় হয়ে যায়। কিন্তু নারী ও শিশুদের ভোকাল দৃঢ় থাকে না। ফলে পুরুষদের গলার স্বরের কম্পাঙ্ক কম এবং নারা শিশুদের গলার স্বরের কম্পাঙ্ক বেশি হয়। তাই পুরুষদের গলার মোটা এবং নারী ও শিশুদের গলার স্বর তীক্ষ্ণ হয়।

(গ) মনেকরি, রেডিও তরঙ্গদৈর্ঘ্য, λ

দেওয়া আছে,

কম্পাঙ্ক, $f = 350\ kHz$

তরঙ্গবেগ, $v = 3 \times 10^8 ms^{-1}$

আমরা জানি,

$$v = f\lambda$$

বা, $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3\times10^8\ ms^{-1}}{350\times10^3 Hz}$

$\therefore \lambda = 857.143\ m$

অতএব, রেডিও তরঙ্গদৈর্ঘ্য $857.143\ m$

(ঘ) ধরি, পানিতে সৃষ্ট তরঙ্গের কম্পাঙ্ক f_w

দেওয়া আছে,

রেডিও তরঙ্গের কম্পাঙ্ক, $f = 350\ kHz = 350 \times 10^3 Hz$

পানিতে শব্দের বেগ, $v_w = 1450\ ms^{-1}$

গ নং হতে,

রেডিও তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $= 857.143\ m$

পানিতে তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_w = 857.143\ m \times \frac{1}{100} = 8.57143\ m$

আমরা জানি,

$$v_w = f_w \lambda_w$$

বা, $f_w = \frac{v_w}{\lambda_w} = \frac{1450}{8.57143} = 169.167\ Hz$

এখন, $\frac{f}{f_w} = \frac{350 \times 10^3\ Hz}{169.167\ Hz}$

$\therefore f = 2068.69\ f_w$

সুতরাং, রেডিও তরঙ্গটির কম্পাঙ্ক পানিতে সৃষ্ট তরঙ্গটির কম্পাঙ্কের 2068.69 রেডিও তরঙ্গ গুণ।

প্রশ্ন নং: ১০। রাজশাহী বোর্ড ২০১৬

আনিকার ভোকাল কর্ড (Vocal Cord) এর কম্পাঙ্ক 700 Hz। সে নদীর ঠিক মাঝখানে অবস্থানরত একজন মাঝিকে ডাকল। আনিকার সৃষ্ট শব্দ নদীর পাড়ে প্রতিফলনের দরুন 1.6 সেকেন্ড পর আনিকা ঐ শব্দের প্রতিধ্বনি শুনতে পায়। ঐ সময়ে শব্দের গতিবেগ $350ms^{-1}$ ছিল।

(ক) দশা কাকে বলে?

(খ) পুরুষের গলার স্বর মোটা কিন্তু নারীদের কণ্ঠস্বর তীক্ষ্ণ কেন? ব্যাখ্যা কর।

(গ) আনিকার সৃষ্ট শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

(ঘ) নৌকার মাঝি আনিকার উক্ত শব্দের প্রতিধ্বনি শুনবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মন্তব্য কর।

সমাধান:

(ক) কোনো একটি তরঙ্গস্থিত কণার যেকোনো মুহূর্তের গতির সামগ্রিক অবস্থা প্রকাশক রাশিকে তার দশা বলে।

(খ) মানুষের গলার স্বরযন্ত্রে দুটো পর্দা আছে। এদের বলে স্বরতন্ত্রী বা Vocal cord. এই ভোকাল কর্ডের কম্পনের ফলে গলা থেকে শব্দ নির্গত হয় এবং মানুষ কথা বলে। পুরুষদের ভোকাল কর্ড বয়সের সাথে সাথে দৃঢ় হয়ে যায়। কিন্তু নারী ও শিশুদের ভোকাল কর্ড দৃঢ় থাকে না। ফলে পুরুষদের গলার স্বরের কম্পাঙ্ক কম এবং নারী ও শিশুদের গলার স্বরের কম্পাঙ্ক বেশি হয়। তাই পুরুষদের গলার স্বর মোটা এবং নারী ও শিশুদের গলার স্বর তীক্ষ্ণ হয়।

(গ) মনেকরি, শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ

আমরা জানি,

দেওয়া আছে,

শব্দের গতিবেগ, $v = 350\ ms^{-1}$

কম্পাঙ্ক, $f = 700\ Hz$

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

$$v = f\lambda$$

$$\therefore \lambda = \frac{v}{f} = \frac{350\ ms^{-1}}{700\ Hz} = 0.5\ m$$

সুতরাং, আনিকার সৃষ্ট শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য $0.5\ m$.

(ঘ) মনেকরি, নদীর প্রস্থ d

আমরা জানি,

দেওয়া আছে,

শব্দের গতিবেগ, $v = 350\ ms^{-1}$

সময়, $t = 1.6\ s$

$$2d = vt$$

$$d = \frac{vt}{2} = \frac{350\ ms^{-1} \times 1.6s}{2} = 280\ m$$

সুতরাং নদীর প্রস্থ 280 মিটার

অর্থাৎ, মাঝি নদীর ঠিক মাঝখানে ছিল

$\therefore$ আনিকা থেকে মাঝির দূরত্ব, $d' = \frac{280}{2} = 140\ m$

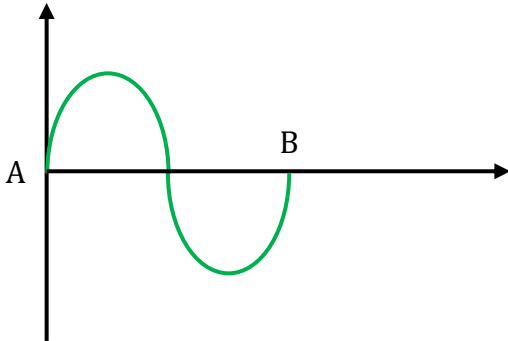
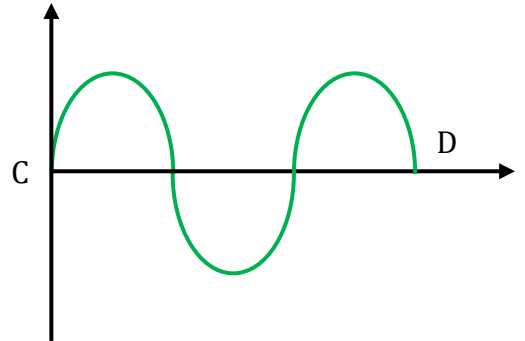
এখন,

$$d' = \frac{vt'}{2}$$

$$\therefore t' = \frac{2d'}{v} = \frac{2 \times 140}{350} = 0.8\ s$$

আমরা জানি, শব্দানুভূতির স্থায়িত্বকাল 0.1s। কিন্তু মাঝির প্রতিধ্বনি শুনতে সময় লাগে 0.8 s। সুতরাং, মাঝি আনিকার শব্দের প্রতিধ্বনি শুনতে পারে।

প্রশ্ন নং: ১১। কুমিল্লা বোর্ড ২০১৬

১ম তরঙ্গটির A থেকে B-তে এবং ২য় তরঙ্গটির C থেকে D-তে পৌছাতে যথাক্রমে 0.05 s এবং 0.08 s সময় লাগে। ১ম তরঙ্গটির বেগ $300ms^{-1}$।

১ম তরঙ্গ

২য় তরঙ্গ

(ক) শ্রাব্যতার পাল্লা কাকে বলে?

(খ) একটি দীর্ঘ ফাঁপা লোহার পাইপের এক প্রান্তে শব্দ করলে অপর প্রান্ত থেকে দুইবার শোনা যায় কেন?

(গ) ১ম তরঙ্গটির 10s এ অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর।

(ঘ) উক্ত তরঙ্গদ্বয়ের কম্পাঙ্কের তুলনা কর।

সমাধান:

(ক) $20\,Hz$ থেকে $20000\,Hz$ পর্যন্ত কম্পাকের শব্দের পাল্লাকে শ্রাব্যতার পাল্লা বলে।

(খ) একটি দীর্ঘ ফাপা লোহার পাইপের এক প্রান্তে শব্দ করলে শব্দটি বায়ু এবং লোহা উভয় মাধ্যম দিয়ে গমন করে। উভয় মাধ্যমের মধ্যদিয়ে গমনের জন্য অপর প্রান্তে দুইবার শব্দ শোনা যায়। লোহা মাধ্যমের ঘনত্ব বায়ু মাধ্যমের চেয়ে বেশি হওয়ায় প্রথমে লোহা মাধ্যমের শব্দ এবং পরবর্তীতে বায়ু মাধ্যমের শব্দ শোনা যায়। একারনে, শব্দ দুইবার শোনা যায়।

(গ) মনেকরি, ১ম তরঙ্গগটির অতিক্রান্ত দূরত্ব d

দেওয়া আছে, তরঙ্গের বেগ, $v = 300ms^{-1}$

সময়, $t = 10s$

আমরা জানি,

$$d = vt = 300ms^{-1} \times 10s$$

$$\therefore d = 3000\,m$$

অতএব, ১ম তরঙ্গগটির $10s$ এ অতিক্রান্ত দূরত্ব $3000\,m$।

(ঘ) ধরি, ১ম তরঙ্গের কম্পাঙ্ক, f_1

এবং ২য় তরঙ্গের কম্পাঙ্ক, f_2

এ উদ্দীপক অনুসারে, ১ম তরজার কম্পন সংখ্যা, $N_1 = 1$

২য় তরঙ্গের কম্পন সংখ্যা, $N_2 = 2$

১ম তরণের ক্ষেত্রে সময়, $t_1 = 0.05\,s$

২য় তরঙ্গের ক্ষেত্রে সময়, $t_1 = 0.08\,s$

আমরা জানি, $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\frac{1}{N}}$

$$f = \frac{N}{t}$$

এখন, ১ম তরঙ্গের ক্ষেত্রে, $f_1 = \frac{N_1}{t_1} = \frac{1}{0.05} = 20\ Hz$

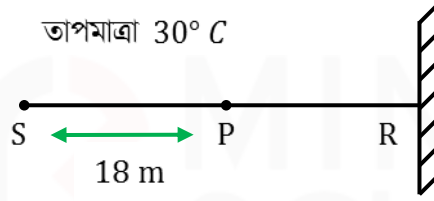
২য় তরঙ্গের ক্ষেত্রে, $f_2 = \frac{N_2}{t_2} = \frac{1}{0.08} = 25Hz$

আবার, $\frac{\text{১ম তরঙ্গের কম্পাঙ্ক}}{\text{২য় তরঙ্গের কম্পাঙ্ক}} = \frac{20Hz}{25Hz}$

∴ ২য় তরঙ্গের কম্পাঙ্ক $= 1.25 \times$ ১ম তরঙ্গের কম্পাঙ্ক

অতএব, ২য় কম্পাঙ্কের কম্পাঙ্ক ১ম তরলের কম্পাঙ্কের 1.25 গুণ।

প্রশ্ন নং: ১২। সিলেট বোর্ড ২০১৬

এক ব্যক্তি S অবস্থান থেকে শব্দ করলে $0.2\ s$ পর তার প্রতিধ্বনি শুনতে পায়।

(ক) প্রতিধ্বনি কাকে বলে?

(খ) রাস্তার মসৃণতায় ঘর্ষণের ভূমিকা ব্যাখ্যা কর।

(গ) S এবং R এর মধ্যবর্তী দূরত্ব নির্ণয় কর।

(ঘ) P অবস্থানে প্রতিধ্বনি শুনতে পাবে কি-না গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও।

সমাধান:

(ক) যখন কোনো শব্দ মূল শব্দ থেকে আলাদা হয়ে মূল শব্দের পুনরাবৃত্তি করে, তখন ঐ প্রতিফলিত শব্দকে প্রতিধ্বনি বলে।

(খ) গাড়ির টায়ার এবং রাস্তার মধ্যবর্তী ঘর্ষণ বলের মান টায়ার এবং রাস্তার মসৃণতার উপর নির্ভর করে। রাস্তা বেশি মসৃণ হলে প্রয়োজনীয় প্রতিক্রিয়া বলের সৃষ্টি হয় না এবং ঘর্ষণ বলের মান অত্যধিক কমে যায়। ফলে গাড়ি সামনের দিকে অগ্রসর হয় না। এছাড়া ব্রেক প্রয়োগ করেও গাড়িকে সুনির্দিষ্ট স্থানে থামানো সম্ভব হয় না। এতে বিভিন্ন দুর্ঘটনা ঘটার সম্ভাবনাও থাকে। এজন্য রাস্তার মসৃণতা এমন হতে হবে যাতে রাস্তা প্রয়োজনীয় ঘর্ষণ বলের যোগান দেয়। এভাবে রাস্তার মসৃণতা সৃষ্ট ঘর্ষণে ভূমিকা রাখে।

(গ) আমরা জানি, $0°C$ তাপমাত্রায় শব্দের দ্রুতি $= 332\ ms^{-1}$

$\therefore 30°C$ তাপমাত্রায় শব্দের দ্রুতি $= (332 + 0.6 \times 30)\ ms^{-1}$

মনেকরি, A অবস্থান থেকে R এর দূরত্ব $= d$

সময়, $t = 0.2\ s$

আমরা জানি,

$$2d = vt$$

$$d = \frac{vt}{2} = \frac{350 ms^{-1} \times 0.2 s}{2} = 35m$$

সুতরাং S অবস্থান থেকে R এর দূরত্ব $35m$.

(ঘ) উদ্দীপক হতে পাই,

$SR = 35\ m$ এবং $SP = 18\ m$

$\therefore PR = d = SR - SP = (35 - 18)\ m = 17\ m$

এখন, $30\ °C$ তাপমাত্রায় P হতে প্রতিধ্বনি শোনার জন্য উৎস ও প্রতিফলকের মধ্যবর্তী ন্যূনতম দূরত্ব হতে হবে,

$$\therefore d = \frac{vt}{2} = \frac{350\ ms^{-1} \times 0.1 s}{2} = 17.5m < 17m$$

যেহেতু P হতে R এর মধ্যবর্তী দূরত্ব $17\ m$। তাই P অবস্থান থেকে শব্দ করলে প্রতিধ্বনি শোনা যাবে না।

প্রশ্ন নং: ১৩। দিনাজপুর বোর্ড ২০১৬

দুটি সমান্তরাল পাহাড়ের মাঝে দাঁড়িয়ে এক ব্যক্তি বন্দুক থেকে গুলি ছুঁড়ল। তিনি $1.5\ s$ পর প্রথম প্রতিধ্বনি এবং $2\ s$ পর দ্বিতীয় প্রতিধ্বনি শুনলেন। সেদিন বায়ুর তাপমাত্রা ছিল $30°C$.

(ক) প্রতিধ্বনি কী?

(খ) বায়ু অপেক্ষা পানিতে শব্দের বেগ বেশি কেন? ব্যাখ্যা কর।

(গ) পাহাড় দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব নির্ণয় কর।

(ঘ) ঐ ব্যক্তি তৃতীয় ও চতুর্থ প্রতিধ্বনি পৃথকভাবে শুনতে পাবে কি না? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

সমাধান:

(ক) যখন কোনো শব্দ মূল শব্দ থেকে আলাদা হয়ে মূল শব্দের পুনরাবৃত্তি করে, তখন ঐ প্রতিফলিত শব্দই

প্রতিধ্বনি।

(খ) কোনো মাধ্যমে শব্দের বেগ ঐ মাধ্যমের উপর নির্ভর করে। যে মাধ্যমের ঘনত্ব যত বেশি ঐ মাধ্যমে শব্দের বেগ তত বেশি হয়। বায়ু অপেক্ষা পানি মাধ্যমের ঘনত্ব বেশি। তাই বায়ু অপেক্ষা পানিতে শব্দের বেগ বেশি।

(গ) মনেকরি, পাহাড় দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব, d

আমরা জানি,

বায়ুতে শব্দের বেগ, $v = 332\, m\, s - 1$

$\therefore 30°C$ তাপমাত্রায় শব্দের বেগ, $v = 332\, ms^{-1} + 0.6\, x\, 30\, m\, s^{-1} = 350m\, s^{-1}$

প্রশ্নমতে, প্রথম পাহাড়ে প্রতিফলিত শব্দ $1.5\, s$ এবং প্রতিফলিত শব্দ $2\, s$ পর ব্যক্তির কানে পৌছে।এখন, প্রথম পাহাড় হতে ঐ ব্যক্তির দূরত্ব d_1 হলে,

আমরা জানি,

$$2d = vt$$

$$\therefore d_1 = \frac{vt}{2} = \frac{350\, ms^{-1} \times 1.5s}{2} = 262.5\, m$$

আবার, দ্বিতীয় পাহাড় হতে ঐ ব্যক্তির দূরত্ব d_2 হলে,

$$d_2 = \frac{vt}{2} = \frac{350ms^{-1} \times 2s}{2} = 350\, m$$

পাহাড় দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব $d = d1 + d2$

$$= 262.5\, m + 350m = 612.5m$$

অতএব, পাহাড় দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব, $612.5\, m$।

(ঘ) 'গ' হতে পাই, $30\, °C$ তাপমাত্রায় শব্দের বেগ, $v = 350\, m\, s$

পাহাড় দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব $d = 612.5\, m$

এখন, ব্যক্তিটির তৃতীয় প্রতিধ্বনি শোনার সময়, $t_3 \; =?$

আমরা জানি,

$$2d = v \times t_3$$

$$\therefore t_3 = \frac{2d}{v} = \frac{2 \times 612.5\, m}{350\, ms^{-1}} = 3.5s$$

সুতরাং ঐ ব্যক্তি $3.5\, s$ সময় পর ৩য় প্রতিধ্বনি শুনতে পেল।

আবার, ধরি, ব্যক্তিটির চতুর্থ প্রতিধ্বনি শোনার সময়, t_4

আমরা জানি,

$$2d = v \times t_4$$

$$\therefore t_4 = \frac{2d}{v} = \frac{2 \times 612.5\, m}{350 ms^{-1}} = 3.5\, s$$

সুতরাং, চতুর্থ প্রতিধ্বনি শোনার সময় 3.5s যেহেতু ব্যক্তিটির তৃতীয় এবং চতুর্থ প্রতিধ্বনি শোনার সময় এক সেহেতু তিনি তৃতীয় এবং চতুর্থ প্রতিধ্বনি পৃথকভাবে শুনতে পাবেন।

প্রশ্ন নং: ১৪। ঢাকা বোর্ড ২০১৫

কাজল একটি পাহাড় থেকে $17\, m$ দূরে দাঁড়িয়ে জোরে শব্দ করে কোনো প্রতিধ্বনি শুনতে পেল না। সে আরও কিছুটা পিছনে এসে পুনরায় শব্দ করে এবং প্রতিধ্বনি শুনতে পায়। ঐ দিন শব্দের বেগ ছিল $350 ms^{-1}$ এবং শব্দের কম্পাঙ্ক ছিল $1400\, Hz$.

(ক) কম্পাঙ্ক কাকে বলে?

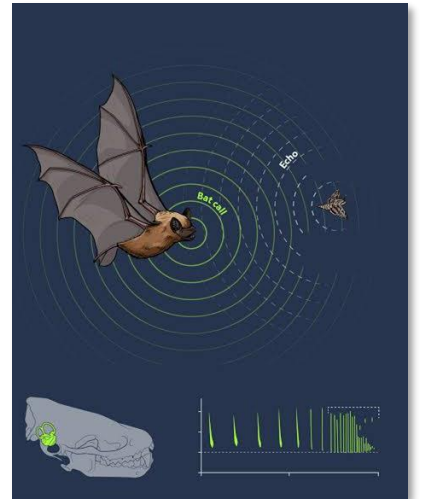
(খ) বাদুর রাতে চলতে স্বাচ্ছন্দ্য বোধ করে কেন? ব্যাখ্যা কর।

(গ) উক্ত শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

(ঘ) ১ম অবস্থানে কাজলের পক্ষে প্রতিধ্বনি না শোনার গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর।

সমাধান:

(ক) প্রতি সেকেন্ডে যতগুলো পূর্ণতরঙ্গ সৃষ্টি হয় তাকে তরঙ্গের কম্পাক বলে।

(খ) বাদুর চোখে দেখতে পারে না। বাদুর পথ চলার জন্য শব্দোত্তর ব্যবহার করে। বাদুর চলার সময় ক্রমাগত বিভিন্ন কম্পাঙ্কের শব্দোত্তর তরঙ্গ সৃষ্টি করে। এ তরঙ্গ চারিদিকে ছড়িয়ে পড়ে। সামনে যদি প্রতিবন্ধক থাকে তাহলে তাতে বাধা পেয়ে এ তরঙ্গ প্রতিফলিত হয়ে বাদুরের কানে ফিরে আসে। বাদুর তার সৃষ্ট শব্দ তরঙ্গ এবং প্রতিধ্বনি শোনার মধ্যকার সময় ব্যবধান ও প্রতিফলিত শব্দের প্রকৃতি থেকে প্রতিবন্ধকের অবস্থান এবং আকৃতি সম্পর্কে ধারনা লাভ করে এবং পথ চলার সময় সেই প্রতিবন্ধক পরিহার করে। তাই পথ চলার জন্য রাতই তার জন্য উপযুক্ত। কারণ দিনের মানষের কোলাহল ও কলকারখানার শব্দে তার সৃষ্ট শব্দোত্তর তরঙ্গ প্রতিবন্ধকে

বাধা পেয়ে তার কানে ফিরে আসত না। ফলে বাদুর প্রতিবন্ধকে বাধা পেয়ে আহত কিংবা মারা যেত। তাই বাদুর রাতে চলতে স্বাচ্ছন্দ্যবোধ করে।

(গ) আমরা জানি,

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{350ms^{-1}}{1400\ Hz} = 0.25\ m$$

অতএব, উক্ত শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য $0.25\ m$

দেওয়া আছে,

কম্পাঙ্ক, $f = 1400\ Hz$

বেগ, $v = 350\ m\ s^{-1}$

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, λ =?

(ঘ) উদ্দীপকে কাজলের প্রতিধ্বনি শুনতে না পাওয়ার কারণ নিচে গাণিতিকভাবে যথাযথ যুক্তি সহকারে উপস্থাপন করা হলো-

দেওয়া আছে, শব্দের বেগ, $v = 350ms^{-1}$

আমরা জানি, শব্দ প্রতিফলক পৃষ্ঠ থেকে প্রতিফলিত হয়ে যদি শ্রোতার কানে $0.1s$ সময়ের ব্যবধানে ফিরে আসে তবেই শ্রোতা প্রতিধ্বনি শুনতে পাবে।

আমরা জানি, প্রতিধ্বনি শোনার জন্য সময়, $t = 0.1\ s$

$\therefore$ প্রতিধ্বনি শোনার জন্য নূন্যতম দূরত্ব, s =?

আমরা জানি,

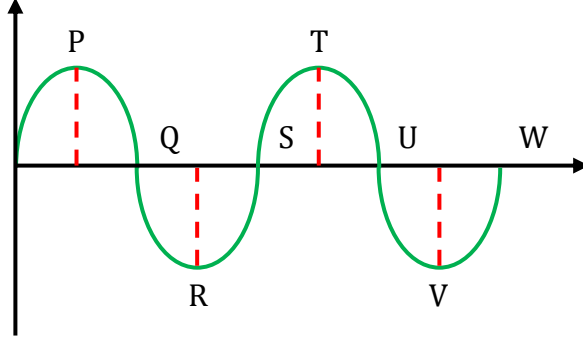
$$2S = vt$$ [যেহেতু শব্দ যেয়ে আবার ফিরে আসতে 2S দূরত্ব অতিক্রম ক]

$$\therefore S = \frac{vt}{2} = \frac{(350\times0.1)m}{2} = \frac{35}{2}m = 17.5m$$

কিন্তু প্রতিফলক অর্থাৎ পাহাড় থেকে কাজলের দূরত্ব, $s' = 17.5m$

$\therefore\ s' < s$ তাই প্রতিধ্বনি শোনার জন্য যে ন্যূনতম দূরত্ব প্রয়োজন, কাজল তার চেয়ে কম দূরত্বে অবস্থান করায় সে প্রতিধ্বনি শুনতে পায় নি।

প্রশ্ন নং: ১৫। রাজশাহী বোর্ড ২০১৫

চিত্রে পানিতে সৃষ্ট একটি তরঙ্গ দেখানো হয়েছে। বায়ু ও পানিতে শব্দ তরঙ্গের দ্রুতি $332\ ms^{-1}$ এবং $1452.5\ m\ s^{-1}$।

f = 60 Hz

(ক) ছন্দিত গতি কাকে বলে?

(খ) ছেলেদের তুলনায় মেয়েদের কণ্ঠস্বর তীক্ষ্ণ হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর।

(গ) প্রদর্শিত তরঙ্গের আলোকে বাতাসে শব্দ তরঙ্গের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

(ঘ) কোনো কূয়ার গভীরতা বাতাসে শব্দ তরঙ্গের দৈর্ঘ্যের সমান খুলে এ কুয়ায় প্রতিধ্বনি শোনার সময় কত হবে গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও।

সমাধান:

(ক) কোনো গতিশীল বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে, এটি গতিপথের কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অতিক্রম করে, তবে সেই গতিকে পর্যাবৃত্ত বা ছন্দিত গতি বলে।

(খ) মানুষের গলার স্বরযন্ত্রের দুটি পর্দা আছে। এদেরকে বলে স্বরতন্ত্রী বা ভোকাল কর্ড। এ ভোকাল কর্ডের কম্পনের ফলে গলা থেকে শব্দ নির্গত হয় এবং মানুষ কথা বলে। বয়ষ্ক পুরুষদের ভোকালকর্ড বয়সের সঙ্গে সঙ্গে দৃঢ় হয়ে পড়ে। কিন্তু শিশু বা নারীদের ভোকাল কর্ড দঢ় থাকে না, ফলে বয়স্ক পুরুষদের গলার স্বরের কম্পাঙ্ক কম এবং নারী বা শিশুদের স্বরের কম্পাঙ্ক বেশি হয়। তাই ছেলেদের গলার স্বর। মোটা কিন্তু মেয়েদের কণ্ঠস্বর তীক্ষ্ম হয়।

(গ) দেওয়া আছে,

বাতাসে শব্দের বেগ, $v_a = 332\,m\,s^{-1}$

কম্পাঙ্ক, $f_a = f_w = \ 60\,Hz$

: বাতাসে শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda a \ =?$

আমরা জানি, $va = f_a \lambda_a$

$$\therefore \lambda_a = \frac{v_a}{f_a} = \frac{332ms^{-1}}{60Hz} = 5.533m$$

অতএব, বাতাসে শব্দ তরঙ্গের দৈর্ঘ্য $5.533\ m$

(ঘ) 'গ' হতে প্রাপ্ত তরঙ্গদৈর্ঘ্য হলো $5.533\ m.$

সুতরাং, কূয়ার গভীরতা $h = 5.533\ m$

এবং শব্দের বেগ, $v_a = 332\ m\ s^{-1}$

শব্দ কুয়ার পানির উপরিতল থেকে বাধাপ্রাপ্ত হয়ে যখন ফিরে আসে। শ্রোতার কানে তখন শব্দ কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব $= 2h$

ধরি, এ দূরত্ব অতিক্রম করতে শব্দ t সময় নেয়।

আমরা জানি,

$$2h = v \times t$$

$$\therefore t = \frac{2h}{v} = \frac{2 \times 5.533m}{332ms^{-1}} = 0.033\ s$$

∴ কূয়ায় শব্দের প্রতিফলনের শোনার ন্যূনতম সময় ব্যবধান $0.1s$। কিন্তু উক্ত কূয়ায় শব্দের সময় $0.033s$ সুতরাং প্রতিধ্বনি শোনা যাবে না।

বহুনির্বাচনী (MCQ)

১। শব্দ কোন ধরনের তরঙ্গ?

(ক) তির্যক তরঙ্গ (খ) তাড়িতচৌম্বক তরঙ্গ

(গ) অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ (ঘ) বেতার তরঙ্গ উত্তর: গ

২। শব্দের বেগ কোন মাধ্যমে সবচেয়ে বেশি?

(ক) কঠিন (খ) তরল (গ) গ্যাসীয় (ঘ) প্লাজমা উত্তর: ক

৩। শব্দেতর শব্দের কম্পাঙ্ক শুনতে পায়-

(ক) বাদুর (খ) হাতি (গ) মৌমাছি (ঘ) মানুষ উত্তর: খ

৪। সুরযুক্ত শব্দের বৈশিষ্ট্য নিচের কোনটি?

(ক) শব্দের বেগ (খ) শব্দের তীক্ষ্ণতা

(গ) শব্দের কম্পাঙ্ক (ঘ) শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য উত্তর: খ

৫। প্রতি ডিগ্রী সেলসিয়াস তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য বায়ুতে শব্দের বেগ কত বৃদ্ধি পায়?

(ক) $16.6\ ms^{-1}$ (খ) $22.5ms^{-1}$ (গ) $6ms^{-1}$ (ঘ) $0.6ms^{-1}$ উত্তর: ঘ

৬। শব্দের বেগ কোন মাধ্যমে সবচেয়ে বেশি?

(ক) শব্দেতর (খ) শ্রুতি পূর্ব (গ) শব্দোত্তর (ঘ) শ্রুতিমধুর উত্তর: গ

৭। সুরযুক্ত শব্দের বৈশিষ্ট্য-

i. শব্দ বিস্তারের অভিমুখ লম্বভাবে হয়

ii. শব্দের কম্পাঙ্ক বেশি হয়

iii. পর্যাবৃত্ত কম্পনের ফলে উৎপন্ন হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও ii উত্তর: ঘ

৮। পর্যায়বৃত্ত গতি হচ্ছে-

i. সরল দোলকের গতি

ii. পেট্রোল ইঞ্জিনের সিলিন্ডারের গতি

iii. কম্পমান সুরশলাকার গতি

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও ii উত্তর: ঘ

৯। তরঙ্গ কি?

(ক) পর্যায়বৃত্ত আন্দোলন (খ) সরলরৈখিক আন্দোলন

(গ) বৈদ্যুতিক আন্দোলন (ঘ) ভূ-কেন্দ্রিক আন্দোলন উত্তর: ক

ব্যাখ্যা: তরঙ্গ শক্তি সঞ্চালন করে, তরঙ্গের মাধ্যমে তথ্যের আদান-প্রদান করে। আমাদের দেখা ও শোনা নির্ভর করে যথাক্রমে আলোক তরঙ্গ এবং শব্দ তরঙ্গের উপর।

১০। কোনটি যান্ত্রিক তরঙ্গ?

(ক) আলোক তরঙ্গ (খ) তাপ তরঙ্গ (গ) চৌম্বক তরঙ্গ (ঘ) শব্দ তরঙ্গ উত্তর: ঘ

ব্যাখ্যা: জড় মাধ্যমের কনার আন্দোলনের ফলে যে তরঙ্গের সৃষ্টি হয় তাকে যান্ত্রিক তরঙ্গ বলে। শব্দতরঙ্গ এ ধরনের যান্ত্রিক তরঙ্গ। মাধ্যম ছাড়া এ তরঙ্গ সৃষ্টি করা যায় না।

১১। সরল ছন্দিত তরঙ্গ কত প্রকার?

(ক) দুই (খ) তিন (গ) চার (ঘ) পাঁচ উত্তর: ক

ব্যাখ্যা: মাধ্যমের কণাগুলোর যদি সরল ছন্দিত স্পন্দন সম্পন্ন হয় তাহলে যে তরঙ্গের উদ্ভব হয় তাকে সরল ছন্দিত তরঙ্গ বলে। সরল ছন্দিত তরঙ্গ সাধারণত দুই প্রকার হয়। যথা: ১. অনুপ্রস্থ তরঙ্গ ও ২. অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ।

১২। তরঙ্গশীর্ষ কি?

(ক) অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের সর্বোচ্চ বিন্দু (খ) অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের সর্বনিম্ন বিন্দু

(গ) অনুপ্রস্থ তরঙ্গের সর্বোচ্চ বিন্দু (ঘ) অনুপ্রস্থ তরঙ্গের সর্বনিম্ন বিন্দু উত্তর: গ

১৩। পর্যায়কাল কি?

(ক) একটি পূর্ণ স্পন্দনের অর্ধেক সময় (খ) একটি পূর্ণ স্পন্দনের সময়

(গ) দুটি পূর্ণ স্পন্দনের সময় (ঘ) তিনটি পূর্ণ স্পন্দনের সময় উত্তর: খ

ব্যাখ্যা: তরঙ্গ সঞ্চালনকারী কোন কণার একটি পূর্ণ স্পন্দন সম্পন্ন করতে যে সময় লাগে তাকে ঐ তরঙ্গের পর্যায়কাল বলে।

১৪। কোনো বস্তু 5 সেকেন্ডে 100 টি পূর্ণ স্পন্দন সম্পন্ন করলে কম্পাঙ্ক কত হবে?

(ক) $20\ Hz$ (খ) $100\ Hz$ (গ) $\frac{1}{100} Hz$ (ঘ) $\frac{1}{20} Hz$ উত্তর: ক

১৫। কোনো বস্তু 5 সেকেন্ডে 100 টি পূর্ণ স্পন্দন সম্পন্ন করলে কম্পাঙ্ক কত হবে?

(ক) $20\ Hz$ (খ) $100\ Hz$ (গ) $60\ Hz$ (ঘ) $120\ Hz$ উত্তর: ক

১৬। তরঙ্গ সঞ্চালনকারী কোনো কনার যেকোনো মুহূর্তের গতির সম্যক অবস্থানকে কি বলে?

(ক) কম্পাঙ্গ (খ) বিস্তার (গ) দশা (ঘ) স্পন্দন উত্তর: গ

১৭। একটি বস্তু বাতাসে 1700 Hz এ শব্দ সৃষ্টি করে। বাতাসে শব্দের বেগ 300ms-1 হলে শব্দ তরঙ্গের দৈর্ঘ্য কত?

(ক) $0.2\ ms^{-1}$ (খ) $5.0 ms^{-1}$ (গ) $5.0\ m$ (ঘ) $0.2\ m$ উত্তর: ঘ

১৮। একটি বস্তু বাতাসে যে শব্দ তৈরি করে তার কম্পাঙ্ক 1700 Hz এবং তরঙ্গদৈর্ঘ্য 0.2 m হলে বাতাসে শব্দের বেগ কত?

(ক) $0.0006\ ms^{-1}$ (খ) $340\ ms^{-1}$ (গ) $342\ ms^{-1}$ (ঘ) $680 ms^{-1}$ উত্তর: খ

১৯। বাতাসের সৃষ্ট একটি শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 20 সে.মি এবং বেগ 340 ms-1 হলে শব্দটির কম্পাঙ্ক কত হবে?

(ক) $700\ Hz$ (খ) $1700\ Hz$ (গ) $200 Hz$ (ঘ) $340 Hz$ উত্তর: খ

২০। কোনটির মধ্য দিয়ে শব্দ সঞ্চালিত হয় না?

(ক) কঠিন মাধ্যম (খ) তরল মাধ্যম (গ) বায়বীয় মাধ্যম (ঘ) ভ্যাকিউয়াম উত্তর: ঘ

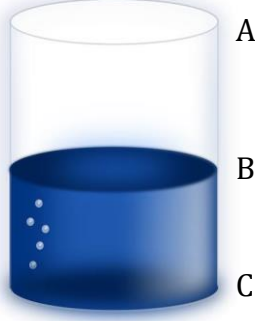
ব্যাখ্যা: ভ্যাকিউয়ামে কোন মাধ্যম না থাকায় তার মধ্য দিয়ে শব্দ সঞ্চালিত হয় না।

২১। শব্দের কম্পাঙ্কের সাথে তরঙ্গ সংখ্যার সম্পর্ক কি?

(ক) ব্যস্তানুপাতিক (খ) সমানুপাতিক

(গ) বর্গের সমানুপাতিক (ঘ) বর্গের ব্যস্তানুপাতিক উত্তর: খ

২২। $0°$ তাপমাত্রায় বায়ুতে শব্দ $33.2\ m$ দূরত্ব অতিক্রম করে কত সময়-

(ক) 1 সেকেন্ডে (খ) 0.1 সেকেন্ডে (গ) 0.001 সেকেন্ডে (ঘ) 60 সেকেন্ডে উত্তর: খ

২৩। শব্দের প্রতিধ্বনি ব্যবহার করে কুয়ার কোন গভীরতা পরিমাপ পাওয়া সম্ভব?

(ক) AC এর দৈর্ঘ্য (খ) BC এর দৈর্ঘ্য

(গ) AB অংশের দৈর্ঘ্য (ঘ) 2BC অংশের দৈর্ঘ্য উত্তর: গ

২৪। বাদুরের শ্রাব্যতার উর্ধ্বসীমা কত?

(ক) প্রায় $3{,}500\ Hz$ (খ) প্রায় $45{,}000\ Hz$

(গ) প্রায় $1{,}00{,}000\ Hz$ (ঘ) প্রায় $10{,}000\ Hz$ উত্তর: গ

ব্যাখ্যা: কুকুরের শ্রাব্যতার ঊর্ধ্বসীমা $3{,}500\ HZ$ এবং বাদুরের শ্রাব্যতার ঊর্ধ্বসীমা প্রায় $1{,}00{,}000\ HZ$

২৫। বায়ু শূন্য মাধ্যমে শব্দের দ্রুতি $20°C$ তাপমাত্রা কত হবে?

(ক) $332\ ms^{-1}$ (খ) $332.6\ ms^{-1}$ (গ) $0.6\ ms^{-1}$ (ঘ) $0\ ms^{-1}$ উত্তর: ঘ

২৬। শব্দোত্তর তরঙ্গের কম্পাঙ্ক কত?

(ক) $20\ Hz$ (খ) $100 - 500\ Hz$

(গ) $2000\ Hz$ (ঘ) $20{,}000\ Hz$ এর বেশি উত্তর: ঘ

২৭। নিচের কোনটির সাহায্যে রোগ নির্ণয় করা হয়?

(ক) Photocopy (খ) ultrasonography

(গ) Printing (ঘ) Micrology উত্তর: খ

২৮। শব্দ কতটা জোরে হচ্ছে তা কি থেকে বোঝা যায়?

(ক) তীক্ষ্ণতা (খ) তীব্রতা (গ) গুন (ঘ) জাতি উত্তর: খ

ব্যাখ্যা: শব্দ বিস্তারের অভিমুখে লম্বভাবে রাখা একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমাণ শব্দ শক্তি প্রবাহিত হয় তাকে শব্দের তীব্রতা বলে।

২৯। বজ্রপাতের সময় আলোর ঝলক দেখার বেশ কিছু সময় পর মেঘের গর্জন শোনা যায় কেন?

(ক) আলোর বেগ শব্দের বেগের চেয়ে কম

(খ) শব্দের বেগ আলোর বেগের চেয়ে কম

(গ)শব্দের চাইতে আলো মস্তিষ্কে অনুভূতির সৃষ্টির ক্ষমতা বেশি

(ঘ)শব্দের বেগ আলোর বেগের চেয়ে বেশি উত্তর: খ

৩০। কম্পাঙ্ক কমলে তীক্ষ্ণতার কিরূপ ঘটে?

(ক) বাড়ে (খ) কমে

(গ) স্থির থাকে (ঘ) বাড়তেও পারে কমতেও পারে উত্তর: খ

৩১। নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) পুরুষের গলার স্বর মোটা (খ) নারীর গলার স্বর মোটা

(গ) পুরুষ ও নারীর গলার স্বর তীক্ষ্ণতা সমান (ঘ) পুরুষের গলার স্বর তীক্ষ্ণ উত্তর: ক

৩২। তরঙ্গের-

i. প্রতিফলন ঘটে

ii. প্রতিসরণ ঘটে

iii. উপরিপাতন ঘটে

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও ii উত্তর: ঘ

৩৩। প্রাবল্য ও তীক্ষ্ণতা যুক্ত শব্দের মধ্যে পার্থক্য বোঝা যায়

i. বেগ দ্বারা

ii. গুন দ্বারা

iii. জাতি দ্বারা

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও ii উত্তর: গ

৩৪। শব্দ দূষণের কারণে

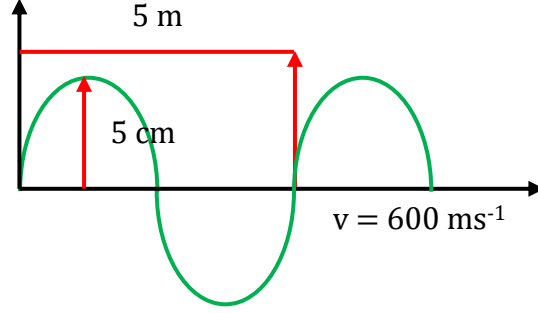
i. স্মৃতিশক্তি হ্রাস পায়

ii. হৃদপিন্ডের জটিল হতে পারে

iii. অবসাদগ্রস্ততা দেখা দেয়

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও ii উত্তর: গ

নিচের উদ্দীপকের আলোকে ৩৫-৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

৩৫। চিত্রের তরঙ্গের বিস্তার কত?

(ক) $5\ m$ (খ) $5\ cm$ (গ) $25\ m$ (ঘ) $25\ cm$ উত্তর: খ

৩৬। তরঙ্গ 50 টি কম্পানে কত দূর অগ্রসর হবে?

(ক) $200\ m$ (খ) $250\ m$ (গ) $150m$ (ঘ) 5 m উত্তর: খ

৩৭। চিত্রের তরঙ্গের কম্পাঙ্ক কত?

(ক) $100\ Hz$ (খ) $200\ Hz$ (গ) $120\ Hz$ (ঘ) $120\ Hz$ উত্তর: গ

৩৮। দুটি সুরশলাকার কম্পাঙ্ক 200 Hz ও 600 Hz শালাকা দুটি হতে প্রাপ্ত তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের অনুপাত কত?

(ক) $2:1$ (খ) $1:3$ (গ) $3:1$ (ঘ) $4:2$ উত্তর: গ

৩৯। বাতাসে শব্দের বেগ 340 ms-1 হলে যে শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য 20 cm তার কম্পাঙ্ক কত?

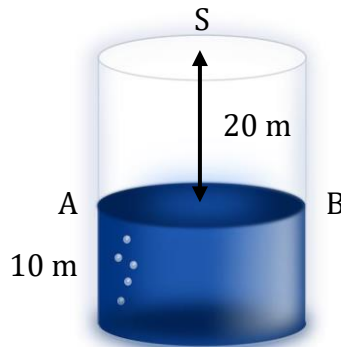
(ক) $0.2\ ms^{-1}$ (খ) $0.5ms^{-1}$ (গ) $0.02\ m$ (ঘ) $0.2\ m$ উত্তর: ঘ

৪০। কোন মানুষ 20°C তাপমাত্রায় 5000 Hz কম্পাঙ্কের একটি শব্দ শুনতে পেল। শব্দটির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কত?

(ক) $6.88\ m$ (খ) $6.88\ cm$ (গ) $68.8\ m$ (ঘ) $0.2\ m$ উত্তর:খ

৪১। কম্পাঙ্কের মাত্রা কোনটি?

(ক) T^{-1} (খ) θ^{-1} (গ) L^{-1} (ঘ) M^{-1} উত্তর: ক

নিচের চিত্রে S হল শব্দের উৎস এবং AB পানির তল। শব্দের বেগ $332\ ms^{-1}$ হলে চিত্র অনুসারে ৪২ ও ৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

৪২। পানির উচ্চতা সর্বোচ্চ কত হলে প্রতিধ্বনি শোনা যাবে?

(ক) $13.4\ cm$ (খ) $13.4\ m$ (গ) $3.5\ m$ (ঘ) $2.9\ cm$ উত্তর: খ

৪৩। উপরে চিত্রানুসারে কত সময় পর প্রতিধ্বনি শোনা যাবে?

(ক) $0.10\ s$ (খ) $0.1205\ s$ (গ) $0.14\ s$ (ঘ) $0.08\ s$ উত্তর: খ

৪৪। পর পর কয়টি তরঙ্গশীর্ষ বা তরঙ্গ পাদের মধ্যবর্তী দূরত্ব হচ্ছে তরঙ্গদৈর্ঘ্য?

(ক) একটি (খ) তিনটি (গ) দুটি (ঘ) চারটি উত্তর: গ